Bot
halloph
V

Beiträge

zur

Kenntnis einheimischer Pilze.

Experimentelle Untersuchungen auf dem Gebiete der Physiologie, Biologie und Morphologie pilzlicher Organismen.

Von

Dr. C. Wehmer,

Privatdocent an der Technischen Hochschule zu Hannover.

II.

1. **Untersuchungen über die Fäulnis der Früchte** (mit 3 Tafeln).
2. **Die physiologische Ungleichwertigkeit der Fumar- und Maleïnsäure sowie die antiseptische Wirkung der letzteren** (mit 3 Tabellen).
3. **Die Nährfähigkeit von Natriumsalzen für Pilze** (mit 3 Tabellen).
4. **Die in und auf Lösungen freier organischer Säuren mit Vorliebe auftretenden Pilzformen** (mit 3 bb.).
5. **Zur Frage nach der Bedeutung von Eisenverbindungen für Pilze.**
6. **Ueber das Vorkommen des Champignons auf den deutschen Nordseeinseln nebst einigen Bemerkungen über die Pilzflora derselben.**

Mit 3 Tafeln und 6 Tabellen.

JENA

VERLAG VON GUSTAV FISCHER.

1895.

Ankündigung.

Heft I dieser Beiträge enthält:

Zwei neue Schimmelpilze als Erreger einer Citronensäuregärung. Mit 2 Tafeln und 1 Holzschnitt. 6½ Bogen. 91 pag. — 4 Mark.

Inhalt: I. Allgemeines.
II. Systematisches.
III. Die Citronensäuregärung.
IV. Allgemeinere biologische Fragen.
V. Experimentelles.
VI. Tabellarische Uebersicht der bisher beschriebenen grünen *Penicillium*- und *Aspergillus*-Arten.

Heft III u. f. werden u. a. enthalten:

1. Die deutschen *Aspergillus*-Arten. Eine Monographie der Gattung. Kritische Bearbeitung der bisher bekannten resp. beschriebenen Species an der Hand vergleichender Kulturen. Mit 6 Tafeln, Bestimmungstabellen etc.

2. Untersuchungen über die Bedeutung der Mineralstoffe für die Ernährung der Pilze. Mit 4 Tabellen.

3. Die technischen Säuregärungen. Mit 1 Tafel.

I. Die Essiggärung.
II. Die Milchsäuregärung.

4. Untersuchungen über die Fäulnis der Früchte (II) sowie die Fäulnisvorgänge einiger Kulturgewächse und Zierpflanzen. Mit 3 Tafeln.

Fäulnis der Erdbeeren, Pfirsiche, Pflaumen etc.
Fäule der Kartoffeln, des Kohles, der Speisezwiebeln (Bakterien- und Pilzkrankheiten).
Botrytiskrankheiten der Astern, Primeln etc.

Jedes Heft bildet ein abgeschlossenes Ganze und ist einzeln käuflich.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Detmer, Dr. W., Professor an der Universität Jena, **Das pflanzenphysiologische Praktikum.** Anleitung zu pflanzenphysiologischen Untersuchungen. **Zweite umgearbeitete Auflage.** Mit 181 Abbildungen. 1895. Preis: brosch. 9 Mark, geb. 10 Mark.

Meyer, Dr. **Arthur**, o. ö. Professor an der Universität Marburg, **Untersuchungen über die Stärkekörner. Wesen und Lebensgeschichte der Stärkekörner der höheren Pflanzen.** Mit 9 Tafeln und 99 in den Text gedruckten Abbildungen. 1895. Preis: 20 Mark.

Strasburger, Dr. **Eduard**, o. ö. Prof. an der Universität Bonn, **Noll,** Dr. **Fritz**, Privatdocent an der Universität Bonn, **Schenck,** Dr. **Heinrich**, Privatdocent a. d. Univ. Bonn, **Schimper,** Dr. **A. F. W**, a. o. Prof. a. d. Univ. Bonn,
Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Mit 577 zum Theil farbigen Abbildungen im Text. 1894. Preis: 7 Mark, geb. 8 Mark.

Schwarz, Dr. **Frank**, Professor an der Forstakademie Eberswalde, Vorstand der pflanzenphysiologischen Abteilung der Hauptstation für das forstliche Versuchswesen in Preussen, **Die Erkrankung der Kiefern durch Cenangium Abietis.** Beitrag zur Geschichte einer Pilzepidemie. Mit 2 lithographischen Tafeln. 1895. Preis: 5 Mark.

I

Beiträge

zur

Kenntnis einheimischer Pilze.

Experimentelle Untersuchungen auf dem Gebiete der Physiologie, Biologie und Morphologie pilzlicher Organismen.

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

Von

Dr. C. Wehmer,

Privatdocent an der Technischen Hochschule zu Hannover.

II.

1. **Untersuchungen über die Fäulnis der Früchte** (mit 3 Tafeln).
2. **Die physiologische Ungleichwertigkeit der Fumar- und Maleïnsäure sowie die antiseptische Wirkung der letzteren** (mit 3 Tabellen).
3. **Die Nährfähigkeit von Natriumsalzen für Pilze** (mit 3 Tabellen).
4. **Die in und auf Lösungen freier organischer Säuren mit Vorliebe auftretenden Pilzformen** (mit 3 Abb.).
5. **Zur Frage nach der Bedeutung von Eisenverbindungen für Pilze.**
6. **Ueber das Vorkommen des Champignons auf den deutschen Nordseeinseln nebst einigen Bemerkungen über die Pilzflora derselben.**

Mit 3 Tafeln und 6 Tabellen.

183790
10. 9. 23

JENA

VERLAG VON GUSTAV FISCHER.

1895.

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

Vorwort.

Das vorliegende zweite Heft bildet als in sich abgeschlossenes Ganze die Fortsetzung des die Citronensäure-Bildung durch Pilze behandelnden ersten Heftes dieser „Beiträge", umfasst jedoch im Gegensatz zu diesem eine Mehrzahl inhaltlich von einander verschiedener Arbeiten.

Der Schwerpunkt dieser liegt wiederum in der Erörterung einiger physiologischer Fragen und zwar teilweise solcher, die nicht nur speciell für den Mykologen, sondern von etwas allgemeinerem Interesse sind. Dahin zu rechnen sind wohl insonderheit Untersuchungen, welche sich mit der Bedeutung sowohl der Natriumsalze wie des Eisens für den pilzlichen Stoffwechsel beschäftigen. Was in diesen Fragen bisher an experimentellem Material vorliegt, beschränkt sich mit einer Ausnahme auf wenige ältere Arbeiten, die zwar ziemlich allgemein anerkannt, jedoch im einzelnen aus diesem oder jenem Grunde nicht immer stichhaltig sind. Es ist das weiter unten des Näheren zu zeigen.

Auf gelegentlich oder allgemeiner bestehende Besonderheiten des Stoffwechsels werfen die Untersuchungen über das Verhalten der Pilze gegenüber freien organischen Säuren, insonderheit auch der Maleïnsäure, Fumarsäure, Weinsäure und Citronensäure, ein bezeichnendes Licht.

Bezüglich der Fäulniserscheinungen unserer Früchte (der Obstfäule) gilt wieder das soeben Gesagte: Neuere Arbeiten existieren auch hier nicht und die zur Zeit vorhandenen, einander theilweise widersprechenden, sparsamen und kurzen Angaben der Litteratur lassen eine Vertiefung wünschenswert erscheinen.

Die den Mitteilungen zugrunde liegenden, in den Verlauf der letzten Jahre fallenden Arbeiten wurden wie die früheren wiederum im Technisch-chemischen Laboratorium der hiesigen Hochschule ausgeführt [1]), dessen Leiter, Herr Professor Dr. H. Ost, mir die Hilfsmittel desselben auch weiterhin in liberalster Weise zur Verfügung stellte; in dankbarer Anerkennung der den Arbeiten jederzeit gewordenen wertvollen Unterstützung hebe ich das an diesem Orte noch besonders hervor.

Einzelheiten in der Ausstattung des Heftes sind durch den Verlagswechsel möglichst wenig berührt worden und hat auch diesmal wieder der Herr Verleger dieselbe in freigebiger Weise gefördert.

---

1) Ein Teil der Belege für Abhandlung 3 und 5 ist der Arbeit über Oxalsäurebildung durch Pilze entnommen und wurde somit bereits früher bei Gelegenheit meiner bezüglichen Untersuchungen (im botanischen Institut zu Leipzig) gewonnen. In Erinnerung der manchen dort verlebten Stunden freudigen Schaffens darf ich auch hier wohl wieder dankbar des Lehrers und Meisters gedenken.

Hannover, Januar 1895.

C. Wehmer.

V

Inhaltsverzeichnis.

Seite

1. Untersuchungen über die Fäulnis der Früchte (mit 3 Tafeln) . . 1

I. Allgemeines und Litteratur.

II. Experimenteller Theil (hierzu Tafel I) 13

1. Methodisches.
2. Die Kernobstfäule (Apfel, Birne, Mispel).
3. Die Fäulnis der Apfelsinen, Citronen, Mandarinen, Orangen.
4. Die Steinobstfäule (Zwetsche, Kirsche).
5. Die Wallnußfäule.
6. Die Traubenfäule.

III. Zusammenfassung und Theoretisches 44

Allgemeine Bedingungen der Fäule.
Die Ursache der Pathogenität.
Engere Beziehungen zwischen Pilz- und Frucht-Art.
Die Prädisposition reifer Früchte.

IV. Die fäulniserregenden Pilze (Tafel II und III) 68

Penicillium italicum nov. spec.
Penicillium olivaceum nov. spec.
Penicillium glaucum Lnk.
Mucor piriformis Fischer.
Mucor racemosus Fresen.
Mucor stolonifer Ehrenberg.
Botrytis cinerea Pers.

2. Ueber die physiologische Ungleichwertigkeit der Fumar- und Maleïnsäure sowie die antiseptische Wirkung der letzteren (mit 3 Tabellen) 85

3. Die Nährfähigkeit von Natriumsalzen für Pilze (mit 3 Tabellen) . . 105

I. Allgemeines und Litteratur.
II. Experimentelles.
III. Zusammenfassung.
IV. Zusammenstellung der Kulturresultate.

Seite

4. Die in und auf Lösungen freier organischer Säuren mit Vorliebe auftretenden Pilzarten (mit 3 Abbildungen) 141

I. Die Vegetation verdünnter Citronensäurelösungen.

II. Die Vegetation der Kristallisationsgefässe der Weinsäurefabriken.

III. Pilzbildungen auf anderen sauren Substraten (Säften, Früchten, Zuckerlösungen).

5. Zur Frage nach der Bedeutung von Eisenverbindungen für Pilze . 157

6. Ueber das Vorkommen des Champignons auf den deutschen Nordseeinseln nebst einigen Bemerkungen über die Pilzflora derselben 171

Erläuterung zu den Tafeln 181

1.

Untersuchungen über die Fruchtfäule (Obstfäule).

(Mit einer farbigen und zwei schwarzen Tafeln.)

Inhalt.

I. Allgemeines und Litteratur . . . . . p. 1

II. Experimenteller Teil (hierzu Taf. I) . . . . . „ 13

1. Methodisches.
2. Die Kernobstfäule (Apfel, Birne, Mispel).
3. Die Fäulnis der Apfelsinen, Citronen, Mandarinen, Orangen.
4. Die Steinobstfäule (Zwetsche, Kirsche).
5. Die Wallnussfäule.
6. Die Traubenfäule.

III. Zusammenfassung und Theoretisches . . . . . „ 44

Allgemeine Bedingungen der Fäulnis.
Die Ursache der Pathogenität.
Engere Beziehungen zwischen Pilz- und Fruchtart.
Die Prädisposition reifer Früchte.

IV. Die fäulniserregenden Pilze (Taf. II und III). . . „ 68

Penicillium italicum nov. spec.
Penicillium olivaceum nov. spec.
Penicillium glaucum Link.
Mucor piriformis Fischer.
Mucor racemosus Fresen.
Mucor stolonifer Ehrenbg.
Botrytis cinerea Pers.

Tafelerklärung . . . . . „ 181

I.

Allgemeines und Litteratur.

Unser Winterobst gleichwie eine Reihe ähnlicher durch Saftreichtum und Weiche ausgezeichneter Fruchtarten unterliegt in weiter Verbreitung und je nach den Umständen in mehr oder minder ergiebiger Weise einer eigenartigen, von dem Auftreten gewisser Pilzbildungen begleiteten Substanzveränderung, die allgemein unter dem Namen »Fäulnis« bekannt ist. Die ergriffenen Gewebspartien nehmen in der Regel unter Verfärbung einen weichen, breiartigen Charakter an, und dieser von irgend einem ziemlich beliebigen Punkte der Oberfläche ausgehende Prozess pflegt gewöhnlich allseitig so schnell fortzuschreiten, dass er, wenn nicht das Ganze, so doch sehr beträchtliche Teile des lebenden Organes vernichtet.

Diese eigentümliche Veränderung reifer Früchte, welche wohl zuerst von Davaine[1]) als eine Wirkung parasitischer Pilze angesehen wurde, gehört unstreitig zu denjenigen durch niedere Organismen bewirkten Erscheinungen, über die unsere augenblicklichen Kenntnisse nicht ganz befriedigend und im wesentlichen nur allgemeinerer Art sind. Sehen wir von einer neueren, speciell die Edelfäule der Trauben erörternden Arbeit Müller-Thurgau's[2]) ab, so liegen die sich mit den Thatsachen der Fruchtfäule im allgemeinen beschäftigenden

---

1) „Recherches sur la pourriture des fruits et des autres parties des végétaux vivants." Comptes rendus. 1866 Bd. 63. p. 277 und p. 344.

2) „Die Edelfäule der Trauben." Landwirtschaftl. Jahrbücher. 1888. Bd. 17. p. 83—160.

Untersuchungen um 20 Jahre und mehr zurück, sodass ihr also in neuerer Zeit, insbesondere auch von mykologischer Seite, nicht nahegetreten wurde. Als immerhin hinreichend festgestellt haben wir jedoch zu erachten vor allem die für das Eintreten derselben massgebenden Faktoren, und wenn nichtsdestoweniger neuerliche Ermittelungen wünschenswert erscheinen, so liegen diese nach einer anderen Seite. Insbesondere gehen zunächst die Angaben über die in Frage kommenden Pilz-Species sehr auseinander, und es frägt sich wohl mit Recht, inwieweit das den Thatsachen entspricht: die Berechtigung zu diesem Zweifel ergiebt sich schon aus der mehr beiläufigen Behandlung dieses Punktes von seiten der älteren Untersucher. Weiterhin ist dann auch die Erörterung des ganzen Prozesses eine mehr summarische, sodass beispielsweise der etwaige Einfluss einer besonderen Fruchtart auf die Natur der sie besiedelnden Pilze überall nicht erwogen wird. Ebenso mangelt bisher eine sachliche Diskussion über zwei nicht unwichtige Punkte: der eigentlichen tieferliegenden Ursache der Infektion, sowie der Thatsache, dass ihr im ganzen nur reife Früchte unterliegen.

Eine Wiederaufnahme der Frage dürfte hiernach immerhin angezeigt sein, zumal auch die Erscheinung auf grund ihrer Häufigkeit und Eigenartigkeit schon ein gewisses Interesse beanspruchen darf. Ich trete in folgendem also in eine etwas eingehendere Erörterung derselben ein und bemerke dazu im voraus, dass es sich hier nicht darum handelt, festzustellen, welche Pilzformen überhaupt den Fäulnissvorgang succulenter Früchte unter irgend welchen Bedingungen hervorrufen können, sondern nachzuweisen, welche Formen ihn unter den gewöhnlichen Verhältnissen des täglichen Lebens im allgemeinen hervorzurufen pflegen; als mehr oder weniger pathogen für verletzte reife Früchte, zumal unter für diese weniger günstigen Umständen (in wasserdampfgesättigter Luft, andauernder Nässe u. a.), können zweifelsohne gar manche Pilzarten auftreten, die bei anderer mehr normaler Sachlage jedoch harmlos sind. Derartige Formen sind hier also ausgeschlossen, und ich beziehe mich — wie das freilich fast selbstverständlich — nur auf die Ermittlungen derjenigen, mit denen sich die Früchte normalerweise zu besiedeln pflegen, sobald dazu durch irgend einen an sich geringfügigen und kaum ins Auge fallenden Umstand

Gelegenheit gegeben wird. Es ist also kurz die Fruchtfäule des täglichen Lebens, mit der wir hier rechnen.

Unsere Fragstellung berücksichtigt dabei die folgenden Punkte. In erster Linie ist die Species-Natur dieser Pilze sicherer festzustellen. Dann handelt es sich darum, ob hier insofern eine Gleichmässigkeit herrscht, als wir die betreffenden Species immer wieder, also regelmässig zunächst auf derselben Fruchtart vorfinden, oder hier bald die eine, bald die andere erscheint. Es ist ja denkbar, und derartiges wurde auch schon von Sorauer[1]) angedeutet, dass auf einer besonderen Fruchtart mit Vorliebe ganz bestimmte Pilze erscheinen. Andererseits könnte in anderen Fällen eine derartige Auswahl auch nicht zum Ausdruck kommen. Es bleibt dann noch die ursächliche Beziehung dieser Formen zum Auftreten der Fäulnis genauer darzuthun, den dafür massgebenden Bedingungen wenigstens kurz Aufmerksamkeit zu schenken, um daran schliesslich einige Diskussionen zu knüpfen, welche sich um die bereits oben genannten zwei Punkte drehen. —

Den auf die Methodik bezüglichen Angaben gehen zweckmässig einige Bemerkungen über die bisherige Litteratur und den augenblicklichen Stand der Frage vorauf.

Objekt einer besonderen Untersuchung von botanischer bez. mykologischer Seite ist der Fäulnisprozess der Früchte bislang nur zweimal gewesen, und zwar in den sechziger und siebenziger Jahren dieses Jahrhunderts. Was wir weiterhin noch über ihn an vereinzelten Angaben in der Litteratur finden, beschränkt sich auf kürzere Bemerkungen, zumal in pflanzenpathologischen Werken, denn von botanischen und speciell mykologischen Hand- und Lehrbüchern thut nur das von de Bary[2]) des Vorganges Erwähnung. Als einer besonderen Erscheinung wird desselben in den Werken der ersten Kategorie zuerst von Frank[3]) und dann auch von

---

1) „Handbuch der Pflanzenkrankheiten". 2. Aufl. II. Bd. Berlin 1886. p. 299.

2) „Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze". Leipzig 1884. p. 408.

3) „Die Krankheiten der Pflanzen". Breslau 1880. p. 546. — Andere u. a. auch Kühn („Krankheiten der Kulturgewächse". 1858) erwähnten dieselbe noch nicht.

Sorauer[1]) gedacht, womit übrigens — von den beiden älteren Originalarbeiten abgesehen — auch die Litteratur erschöpft ist, denn das neuere Werk von Tubeuf[2]) erwähnt dieselbe nur beiläufig, und die von teilweise anderen Gesichtspunkten aus geschriebenen von O. Kirchner[3]) und von Thümen[4]) kommen hier (als die Kausalität der angeführten Pilzformen nicht näher erörternd) weniger in Betracht. Im einzelnen stellt sich die Sachlage nun folgendermassen.

Die älteste von Davaine[5]) herrührende und wohl als grundlegend zu betrachtende Arbeit erörtert die Fruchtfäule in weiterem Umfange; es werden sowohl die Pilzformen wie auch die Bedingungen behandelt, unter denen bei einer grösseren Reihe von Früchten Fäulnissprozesse auftreten (Apfel, Mispel, Birne, Citrone, Orange, Pflaume, Himbeere, Erdbeere, Feige, Gurke); die Ausführungen sind im allgemeinen zutreffend und zeugen sichtlich von guter Beobachtung, denn wir finden in der späteren Litteratur eigentlich keine wesentliche Angabe, die nicht bereits von diesem Autor gemacht wäre, andererseits fehlt dort aber mehreres und nicht ganz Unwesentliches von dem, was hier, als zu der Erscheinung gehörig, besprochen ist. Der Autor weist zunächst darauf hin, dass die Fäule (wie man wohl annahm) kein rein chemischer Vorgang (etwa Folge einer Überreife) sei, denn sie ist nicht der natürliche Tod und tritt andrerseits gelegentlich auch bereits vor der eigentlichen Reife ein; sie muss unterschieden werden von der durch Hitze Frost oder sonstige Zerstörung bewirkten Veränderung und wird (wie mikroskopisch und experimentell zu erhärten) durch das Mycel von Pilzen hervorgebracht, sofern dafür eine Verletzung der peripheren Schichten als notwendige Vorbedingung gegeben ist. Das Mycel stellt somit gleichsam ein festes Gift („virus fixe") dar, und das Studium der Erscheinung hat Interesse auf grund ihrer Analogie mit den ansteckenden Krankheiten. Härte, Zucker- und Säuregehalt der einzelnen Früchte

---

1) l. c. p. 6 und 298, desgl. in „Schäden der einheimischen Kulturpflanzen". Berlin 1888. p. 165 und 229.

2) „Krankheiten durch kryptogame Parasiten veranlasst". Berlin 1895. p. 5.

3) „Krankheiten landwirtschaftlicher Kulturpflanzen". Stuttg. 1890.

4) „Pilze und Pocken auf Wein und Obst". Berlin 1885.

5) l. c.

sollen dabei noch in Frage kommen, wichtig ist insbesondere der Feuchtigkeitsgehalt der Luft, welcher oft direkt über den Eintritt entscheidet, und zwar selbst noch bei ganz reifen Früchten. Übrigens unterliegen derselben auch gelegentlich andere saftreiche Organe, wie Mohrrüben oder Blätter von Sempervivum, Stapelia u. a., sodass die in Frage kommenden Pilze nicht gerade auf Früchte beschränkt sind; der Charakter der Fäule (Färbung, Schnelligkeit der Ausbreitung u. a.) wird aber durch die Natur des Pilzes mitbestimmt.

Bezüglich der in betracht kommenden Pilzformen giebt der Verfasser an, dass er ungefähr 7, verschiedenen Gattungen angehörige Species aufgefunden habe, von denen zwei (*Penicillium glaucum* und *Mucor Mucedo*) die häufigsten seien und fast in allen Fällen vorhanden sind [1]).

Hiernach hat Davaine bis auf zwei Punkte, gegen die vielleicht Einwendungen zu machen wären, die Sache so ziemlich erschöpft, und, wie seine Angaben im einzelnen erweisen, in vorwiegend sachgemässer Weise. Es sind in der That, wovon man sich unschwer überzeugen kann — und hier greife ich der Wiedergabe meiner eigenen Ermittelungen vor — vorzugsweise zwei Pilzformen, welche in weiter Verbreitung an der Obstfäule beteiligt sind; von diesen ist denn auch die eine mit dem *Penicillium glaucum* identisch. Die andere ist jedoch nicht der *Mucor Mucedo,* wofür der Verfasser sie hält, sondern eine differente, demselben allerdings ausserordentlich ähnliche

---

1) Von den übrigen werden noch namhaft gemacht *Trichothecium domesticum*, *Helminthosporium* und *Selenosporium* (letztere ohne Speciesangabe); es ist aber nicht klar zu sehen, ob diese vom Verf. allein auf Gurken und Möhren oder auch auf Obst gefunden wurden. Einige Unklarheit besteht auch bezüglich des Punktes, dass jene 7 Fäulniserreger verschiedenen Gattungen angehören sollen, und im ganzen ist die mykologische Seite bei den bezüglichen Erörterungen offenbar etwas zu kurz gekommen. Um so mehr glaubte ich in folgendem gerade auf eine zuverlässige Species-Angabe Gewicht legen zu sollen. In gleich unbestimmter Weise spricht sich auch Brefeld später über die noch sonst etwa (ausser 4 Arten) in betracht kommenden Species aus.

Beiläufig sei bemerkt, dass die Davaine'sche Arbeit da, wo sie allein in deutschen Werken (de Bary, Tubeuf) citiert wurde, versehentlich statt in Bd. 63 als in Bd. 83 (ohne Angabe des Jahrganges) der Compt. rend. stehend angeführt wird, hiernach also kaum auffindbar ist.

Species, die von dem Autor offenbar für jene genommen wurde. Der zweite Punkt betrifft das Verhalten der verschiedenen Fruchtarten bezüglich der Pilzvegetation, indem der Autor hier Differenzen nicht angiebt. Dass solche in bestimmten Fällen ganz regelmässig bestehen (zumal zwischen Kernobst und Citrone), ist weiter unten genauer zu erörtern, und offenbar übersah der Verfasser dieselben aus dem Grunde, weil er die bezüglichen einander wiederum sehr ähnlichen Pilze (*Penicillium*-Arten) für identisch nahm. Es ist das übrigens kaum zu verwundern, wenn man berücksichtigt, dass die Arbeit vor rund 30 Jahren geschrieben wurde, und wir zur Zeit u. a. auch im Besitz ganz anderer Hilfsmittel zwecks Feststellung der Natur zweifelhafter Arten sind.

Die zweite der specielleren Arbeiten rührt von Brefeld[1]) her und wurde rund 10 Jahre später veröffentlicht. Sie erschien als ein in der „Gesellschaft naturforschender Freunde" zu Berlin gehaltener Vortrag, und daher erklärt sich vielleicht auch ihre wenig ins Specielle gehende Art; die Davaine'schen Resultate scheinen dem Verfasser unbekannt geblieben zu sein, werden jedenfalls nicht berührt. Soweit derselbe von diesen etwa Abweichendes bez. Neues bringt (von einigen Bemerkungen allgemeiner Art abgesehen), bezieht es sich fast allein auf die Natur der in Frage kommenden Pilze; von den untersuchten Früchten werden jedoch nur aufgenannt Birne, Melone und Mispel.

Im wesentlichen spricht sich Brefeld dahin aus, dass als die weitaus häufigsten Ursachen der Fäulniss *Mucor stolonifer* und *Botrytis cinerea* zu betrachten sind; seltener kommt *M. racemosus* hinzu, wogegen *Penicillium glaucum* meist erst sekundär (also nachträglich auftretend) erscheinen soll. Einige andere gelegentlich noch auftretende werden nicht mit Namen aufgenannt. In der Erscheinung selbst sieht der Autor eine besondere Form des Parasitismus, indem die gewöhnlich saprophytisch lebenden Pilze nur bei einer bestimmten Prädisposition des Wirtes — geschaffen durch die „abnehmende Lebensenergie" der reifen Frucht — als Parasiten auftreten können.

---

1) „Über die Fäulnis der Früchte". Botan. Zeitung. 1876. p. 281—287.

Zunächst weichen also die Resultate von denen Davaine's bezüglich der Pilzarten wesentlich ab, und weiterhin ändert sich auch die Erklärung der Ursache bez. der wesentlichen für den Eintritt der Fäulnis massgebenden Umstände, indem hier ein mit der Verletzung zusammenwirkendes physiologisches (Altersschwäche) gegenüber dem physikalischen Momente (Feuchtigkeit) Davaine's in den Vordergrund gestellt wird. Als Erklärungsversuch ist das zwar anzunehmen, im allgemeinen scheint mir aber diese bis heute fortwirkende Änderung nicht gerade glücklich zu sein, denn schon aus den Angaben des letzteren lassen sich einige Zweifel an seiner Wirksamkeit herleiten, und wir werden weiter unten diesen Punkt noch etwas näher zu erörtern haben.

Erheblicher erscheinen aber die das eigentliche Thatsächliche betreffenden Differenzen, denn sie sind so wesentlich, dass in diesem Punkte die Resultate einander direkt gegenüberstehen. Der eine der beiden Verfasser will *Mucor stolonifer* und *Botrytis* als häufigste Fäulnispilze betrachten, *Penicillium* dagegen nur als sekundäre Erscheinung anerkennen, der andere dagegen sieht gerade in letzterem und einem habituell von *M. stolonifer* ganz abweichenden *Mucor* die verbreitete Ursache. Dieser Streitpunkt ist natürlich nur durch weitere Untersuchungen zu entscheiden, denn Differenzen dieser Art lassen sich wohl kaum durch zufällige, von dem besonderen Material, Lokalität und Umständen veranlasste Schwankungen erklären, zumal beide Autoren gerade für die von ihnen genannten Fäulnispilze die allgemeinste Verbreitung in Anspruch nehmen. Auf der einen oder andern Seite müssen Irrtümer bezüglich der Pilze, Fehler in der Methodik des Nachweises oder in der Art und Weise der Folgerungen bestehen.

Bereits bei Erörterung der Davaine'schen Angaben führte ich kurz an, dass sich die eignen Ermittlungen in den wesentlichen Punkten mit denen dieses decken, indem gerade *Penicillium glaucum* und ein hochwüchsiger Mucor (*M. piriformis* Fischer) in den weitaus häufigsten Fällen (also in der Regel) die (primären) Erreger der Fäule unserer einheimischen Obstsorten sind, dagegen *Botrytis* neben *M. racemosus* (und *M. stolonifer*) nur in bestimmten, mehr vereinzelten Fällen gefunden werden. Da Brefeld des gemeinen *M. piriformis*

überall nicht Erwähnung thut und auch das primäre Auftreten des *Penicillium* nur untergeordnet beobachtete, so ergiebt sich wohl als das Wahrscheinlichste, dass demselben Untersuchungsmaterial von einer gewissen, nicht gerade als normal zu bezeichnenden Beschaffenheit vorgelegen hat; jedenfalls können aber seine Folgerungen kaum Anspruch auf allgemeinere Giltigkeit erheben. Unterschiede zwischen den verschiedenen Fruchtarten hinsichtlich der sie besiedelnden Pilze macht derselbe übrigens gleichfalls nicht namhaft.

Die in die späteren Lehrbücher übergegangenen Angaben über die Fruchtfäule fussen nun im wesentlichen auf denen der hier besprochenen beiden Arbeiten, sind jedoch mit einer vereinzelten Ausnahme nur sehr kurz gehalten. Gerade die wohl als grundlegend anzusehenden Davaine'schen Ermittlungen werden von ihnen freilich minder berücksichtigt. So führt Frank [1]) als Gewährsmann nur Brefeld auf, und auch de Bary [2]) bezeichnet als Erreger der Fäule *M. stolonifer, M. racemosus,* allerdings neben *Penicillium glaucum* und *Trichothecium roseum,* letzteres offenbar nach Davaine. Nach demselben dringen dieselben gelegentlich auch durch die intakte Haut, und die Entwicklung soll um so leichter erfolgen, „je mehr die Lebensenergie der befallenen Früchte sich ihrer unteren Grenze nähert". Dieser Punkt erscheint jedenfalls anfechtbar, denn alte eintrocknende Früchte sind keineswegs gerade sehr empfänglich; andrerseits sind sie aber bei Gegebensein hinreichender Feuchtigkeit nicht merklich empfindlicher als normal reife Früchte, und auf das letztere Moment wurde wiederum schon von Davaine sehr bestimmt hingewiesen. Man findet es in der späteren Litteratur — vielleicht mit Ausnahme von Müller-Thurgau bei Gelegenheit der Edelfäulebesprechung — eigentlich nirgends genauer beachtet oder überhaupt nur aufgenannt.

Ein etwas breiterer Raum als bei de Bary und Frank ist der Erscheinung in der 2. Auflage des Sorauer'schen Lehrbuches gewidmet. Der Standpunkt ist hier auch bereits insofern ein etwas veränderter, als (scheinbar auf grund eigner

---

1) l. c. p. 546.
2) l. c. p. 408.

Erfahrungen)[1]) darauf hingewiesen wird, dass mehrfach hinsichtlich der Selbstbesiedelung der Früchte mit den Fäulnispilzen ein Unterschied bemerkbar wird, indem gewisse Pilze mit Vorliebe auf bestimmten Fruchtarten auftreten. So wird als Beispiel angeführt, dass *Penicillium* häufig auf Aepfeln und ein *Mucor* (ungenannter Species) ebenso mit Vorliebe auf Birnen, *Monilia fructigena* Pers. auf Pflaumen erscheint; auch *Botrytis* soll häufig auf Birnen sein, doch auch sekundär hinzukommen. Im weiteren stimmen die Bemerkungen ziemlich mit denen Davaine's überein (Verletzung der Oberhaut als Vorbedingung u. a.).

Monilia fructigena soll übrigens nach Frank[2]) auch auf Kirschen, Aprikosen, Pfirsichen (und Kernobst) vorkommen („Schimmel des Obstes"), nach von Thümen[3]) selbst halbreifes Obst angreifen.

In einem etwas später erschienenen, für die Praxis bearbeiteten Werke spricht sich Sorauer[4]) hinsichtlich einiger Punkte noch etwas näher aus, und lässt als Hauptursache der Fäulnis des Obstes neben *Penicillium* und *Botrytis* drei *Mucor*-Species (*M. stolonifer, M. racemosus* und *M. Mucedo*) wirksam sein; hiervon soll *M. Mucedo* mit Vorliebe bei saftigem Obst (Beeren), *M. racemosus* auf weichen Früchten und *stolonifer* gewöhnlich auch auf hartem Kernobst sich finden, die Früchte übrigens desto widerstandsfähiger sein, je unreifer sie sind. Es werden hier also so ziemlich sämtliche bisher angegebenen Species aufgenannt und von diesen speciell die Mucorineen wohl nach den Angaben Davaine's und Brefeld's. Übrigens betrachtet Sorauer die fraglichen Pilze allerdings als gelegentliche Parasiten, ohne jedoch der sogenannten „Altersschwäche" als prädisponirendes Moment an irgend einem Orte Erwähnung zu thun.

Dass endlich speciell bei der Traubenfäule neben *Botrytis* das *Penicillium glaucum* beteiligt ist, wurde dann von Müller-

---

1) So bildet derselbe in seinem „Atlas der Pflanzenkrankheiten" (Taf. XIII, Fig. 3) auch einen *Penicillium*-kranken Apfel ab.

2) l. c. p. 614. Ähnliches auch bei den anderen citierten Autoren.

3) „Fungi pomicoli". 1878. p. 22. — cf. auch O. Kirchner, l. c. p. 438.

4) „Schäden der Kulturpflanzen". p. 164—165 und 229.

Thurgau [1]) ausdrücklich festgestellt und hier auch darauf hingewiesen, dass die fragliche *Botrytis* nicht, wie andere Autoren wollten, eine distinkte Species — wie auch schon Frank [2]) angab — sondern mit der gewöhnlichen *B. cinerea* identisch ist. Im besonderen machte der Autor noch darauf aufmerksam, dass für den Eintritt dieser Pilze durch die Fruchtschale auch natürliche Öffnungen (Korkwarzen) in Frage kommen können — jedenfalls ein von früheren Autoren nicht weiter berücksichtigter Punkt. Wie bei dem ersten Untersucher, so finden wir aber auch hier kein Betonen der „Altersschwäche" als für die Fäule massgebendes Moment, vielmehr entscheiden darüber ganz konkrete Dinge, so in erster Linie die Witterungseinflüsse (Feuchtigkeit) neben natürlichen in den peripheren Schichten (insonderheit edelreifer Beeren) sich vollziehenden Absterbeprozessen. Allerdings nimmt ja speciell *Botrytis* insofern eine etwas besondere Stellung ein, als sie unter geeigneten Umständen (reichliche Nässe) jedes Entwicklungsstadium und zwar auch von Organen verschiedenster Art befallen kann. Gegenüber früheren Ansichten betont der Autor hinsichtlich dieses Pilzes auch, dass derselbe nicht bloss ein Begleiter der Edelfäule (ein „schädlicher Schmarotzer"), sondern deren Ursache sei.

Die sich näher mit den Fäulnisvorgängen befassende Litteratur ist damit erschöpft. Allerdings ist noch eine Reihe von Angaben zu verzeichnen, denen zufolge auf faulenden Früchten dieser oder jener Pilz beobachtet wurde, doch wird die Ursächlichkeit dabei offengelassen und auch nicht weiter erörtert. Überdies handelt es sich wesentlich um bekannte und hier bereits aufgenannte Formen, sodass auch bei Annahme einer übrigens wahrscheinlichen und für mehrere Fälle selbst sicheren Kausalität Neues nicht gerade hinzukommt. Einige dieser Notizen seien hier wenigstens aufgenannt.

So führt von Thümen [3]) *Penicillium glaucum* auf faulen Äpfeln, Birnen, Pfirsichen und Orangen (hier nach Fiedler)

---

1) l. c. p. 87 u. f.

2) Leunis-Frank, „Synopsis". 2. Teil. 3. Aufl. Bd. III. 1886. p. 379; der gleichen Meinung ist auch Sorauer (Pflanzenkrankheiten. p. 1299).

3) l. c. „Fungi pomicoli". p. 47.

an, für ebensolche Birnen dagegen drei *Mucor*-Arten etwas zweifelhaften Wertes (*M. clavatus* Lnk., *M. clavatus globifer* Lnk. und *M. amethysteus* Berk.), die wohl wiederum mit der von Davaine als *M. Mucedo* bezeichneten Art identisch sein dürften. Es handelt sich hier voraussichtlich überall um den die Apfel- und besonders Birnfäule ganz vorzugsweise hervorrufenden *M. piriformis,* dessen richtige Natur erst kürzlich von A. Fischer[1]), der ihn nach Angabe gleichfalls auf faulenden Äpfeln fand, erkannt wurde. In nicht einem der zahlreichen Fälle habe ich hier wenigstens irgend einen anderen *Mucor* gefunden. Ob die von Thümen'sche Angabe bezüglich des Vorkommens von *P. glaucum* auf Orangen zutrifft, wage ich zu bezweifeln, denn mutmasslich ist die Art mit der anderen unten beschriebenen verwechselt worden, wie Ähnliches auch für die bezügliche Angabe Davaine's (auf Citronen und Orangen) gelten dürfte. Dass die Art aber gelegentlich auch auf verderbenden Früchten dieser Kategorie vorkommen kann, soll damit nicht gerade in Abrede gestellt werden; im allgemeinen ist sie aber für diese fremden Früchte nicht ausgesprochen pathogen, und vor allem hier jedenfalls selten.

Wie *Penicillium* so ist ebenfalls *Botrytis* mehrfach auf verdorbenen Früchten gefunden, und sie findet hier auch wohl unter Verhältnissen gewisser Art (günstige Infektionsbedingungen, Nässe) einen zusagenden Entwicklungsboden; dann werden voraussichtlich aber auch noch andere Formen hinzukommen können und thatsächlich wohl oft hinzukommen, ohne dass sich daraus die Berechtigung ableitet, sie — ebensowenig wie etwaige sich gleichfalls einfindende Bakterien — als normale Fäulniserreger des Obstes zu betrachten. So fand auch Schenk[2]) auf in Kellerräumen aufbewahrten pilzfaulen Birnen Sklerotien einer *Botrytis*, die wohl mit der von Saccardo[3]) auf faulen Äpfeln beobachteten und als *B. vulgaris* Fr. bezeichneten identisch ist. Ich selbst habe in den an freier Luft spontan entstehenden Faulstellen *Botrytis* nie gefunden, somit ist sie also jedenfalls nicht allgemeiner verbreitet, wenn-

---

1) „Phycomyceten" in Rabenhorst, Kryptogamenflora, 2. Auflage, Bd. I. Abt. 4. Lief. 47. (1892). p. 191.

2) Citiert nach Frank, l. c. p. 547.

3) „Fungi italici" t. 693.

gleich sie auch von Sorauer (vielleicht aber nach Brefeld) mit aufgeführt wird.

Im wesentlichen drehen sich also alle Angaben über Fruchtfäulnispilze um Formen aus den Gattungen *Penicillium*, *Mucor* und *Botrytis*, sodass sich endgiltig frägt, mit welchen Species wir hier in Wirklichkeit zu rechnen haben. Darüber mögen die nunmehr mitzuteilenden Beobachtungen näheren Aufschluss geben. Ich gehe dabei auch auf die bisher nur beiläufig gewürdigten Erscheinungen selbst etwas näher ein, sende aber der Besprechung einen notwendigen das Methodische betreffenden Exkurs voraus.

II.

Experimenteller Teil.

1. Methodisches.

Ausgangspunkt für die Ermittlungen nach der Natur des Erregers ist in allen Fällen naturgemäss nicht etwa eine vielleicht vorhandene oberflächliche Vegetation, sondern der sogenannte Faulfleck, also die sich gewöhnlich peripher und gleichzeitig nach dem Fruchtcentrum hin rasch vergrössernde Partie abgestorbenen, meist verfärbten, weichen Gewebes, die wenigstens bei den Kernobstarten hinreichend scharf hervortritt, in anderen Fällen allerdings (so insbesondere bei den genannten Südfrüchten) Eigenartiges in der Farbe kaum bietet. Da auch hier jedoch die Hyphen sich häufig relativ schnell im Fruchtfleisch — immerhin allerdings langsamer als in der weichen Fruchtschale — ausbreiten, gelingt eine Isolierung infizierter Partien, trotzdem in der Regel ziemlich leicht. Als Aufgabe ergiebt sich nun zunächst, die sterilen Hyphenbildungen zur Produktion der allein charakteristischen Fortpflanzungsorgane zu bringen, wozu wiederum nicht die etwaigen Fremdinfektionen stärker ausgesetzten peripheren Teile der Frucht, sondern möglichst central gelegene und zwar am besten aus der im Absterben begriffenen Zone des noch lebenden Gewebes zu wählen sind. Andernfalls vergrössern sich die der Methode ohnedies anhaftenden Fehler um ein Erhebliches.

Wennschon gar manche der in betracht kommenden Parasiten zwar auch oberflächlich fruktifizieren, so tritt diese Erscheinung doch in den für den Entscheid gerade wichtigen ersten Stadien der Infektion meist überhaupt nicht (Kern- und Steinobst) und auch späterhin oft nur unter besonderen Umständen ein, sodass die Natur des Fäulniserregers unter solchen Verhältnissen nur sehr unsicher zu bestimmen wäre.

Andrerseits verbietet es sich aber von selbst, aus dem Charakter der oberflächlichen Vegetation ohne weiteres auf die Fäulnis-Ursache zu schliessen, da jene offenbar auch sekundärer Art sein kann und rein saprophytisch auf den abgetöteten, ohnedies mit Keimen beladenen Gewebsstücken vegetieren kann. Aus diesem Grunde ist es auch nicht ausreichend, die Früchte zwecks Erzielung der oberflächlichen Conidien- oder Sporangienträger-Bildung in toto (etwa durch Einlegen in die feuchte Kammer) für den Versuch zu benutzen [1]), obschon ja allerdings in den meisten Fällen auch auf diese Weise eine Bildung von Fortpflanzungsorganen der Parasiten erzielt wird. Jedenfalls ist aber das Resultat kein ohne weiteres beweisendes, und man kann von derartig eingerichteten Versuchen nur da Gebrauch machen, wo die Natur des Fäulniserregers schon anderweitig sicher ermittelt ist. Möglicherweise erklären sich so auch einige der Angaben Brefeld's, welcher die aufgeschnittenen Früchte im feuchten Raume auf die entstehenden oberflächlichen Vegetationen und deren Sporenbildung beobachtete; auf grund der mangelnden genaueren Angaben ist darüber freilich schwer etwas auszusagen.

Die unter den üblichen Vorsichtsmassregeln nach wiederholtem Zerschneiden aus dem Fruchtinnern entnommenen ungefähr linsen- bis erbsengrossen Stücke wurden also zwecks Erzielung einer Weiterentwicklung der Hyphen entweder in Nährlösungen (3 % Zucker mit Mineralsalzen) übertragen oder zu mehreren in Petri'schen Doppelschalen auf den Glasbänken einer grösseren feuchten Kammer aufgestellt. Obschon Möglichkeiten für eine nachträgliche Infektion hinreichend vorhanden, misslingen die Versuche doch selten, und in der Regel erscheint alsbald eine einzige Species in allen gleichgestellten (ein einzelner Versuch hat natürlich keine Beweiskraft) Culturgefässen. Darin liegt schon — unter Voraussetzung genügender Sterilisation — der so gut wie unumstössliche Beweis für die Zusammengehörigkeit jener Hyphen mit den bald reichlich zur Ausbildung kommenden Fortpflanzungsorganen, und es bedarf nicht einmal mehr eines im allgemeinen ja auch

---

1) Nach Angabe bediente sich Brefeld dieser Methode zwecks Bestimmung der Hyphennatur. Davaine machte nähere bezügliche Angaben nicht und liess nur den Infektionsversuch entscheidend sein.

kaum möglichen genaueren mikroskopischen Verfolgs. Handelt es sich um *Penicillien*, so bedecken sich die Fruchtpartikelchen in den Petri-Schalen schon nach 1—2 Tagen mit einem alsbald ergrünenden, zarten, weissen Flaum, während in den Nährlösungen von allen Seiten Hyphen in diese ausstrahlen und, alsbald an die Oberfläche gelangend, zu der bekannten Deckenbildung führen. Weniger dankbar sind freilich die *Mucorineen*, denn hier bleibt wohl auf grund der minder dichten Hyphenverteilung und der damit verbundenen relativen Unsicherheit, ein infiziertes Stück zu gewinnen, gelegentlich eine Entwicklung aus. Bei einer grösseren Zahl von Experimenten kann aber auch da schliesslich ein Zweifel nicht bleiben [1]).

Damit ist dann die Frage gelöst, welcher Species die sterilen Fäden der gefaulten Stelle angehören, und das ist zunächst das Wesentliche. Es frägt sich nun aber, ob sie thatsächlich die Ursache des Gewebszerfalls sind, denn schliesslich könnten sie auch erst als Folge des aus irgend welchen anderen Gründen stattgehabten Absterbens sich dort eingefunden haben. Für die Beantwortung stützen wir uns hier auf drei Punkte. Zunächst spricht ihr regelmässiges und stetes Auftreten unstreitig für eine nähere Beziehung; sie fehlen nie und sind entsprechenden Falls bei den einzelnen Früchten immer dieselben. Weiterhin lässt der mikroskopische Verfolg über die Ursächlichkeit eigentlich kaum noch einen Zweifel. In der Grenzzone nämlich zwischen lebendem und abgestorbenem Gewebe findet man, wie das insbesondere beim Kernobst leicht nachweisbar, ihre letzten Ausläufer und neben denselben gleichzeitig dann die ersten Zeichen des Zellzerfalls, also Kontraktion des Plasmas unter beginnender leichter Verfärbung, welcher Vorgang sich weiterhin unter gänzlicher Durchdringung mit den Hyphen binnen wenigen Tagen vollendet. Verfärbt und tot ist also nur das von ihnen durchsetzte Gewebe; lebend, farblos, luftgefüllt alle andern Teile, und die Hyphen, mit deren Ausgange der Faulfleck abschliesst, bezeichnen die Grenze. Unter solchen Umständen bedürfte es der dritten Instanz, des Infektionsversuches, kaum noch.

---

1) Die Doppelschalen müssen für *Mucor* eine gewisse nicht allzu geringe Höhe haben, um der Sporangienträgerbildung Raum zu geben.

Es früge sich aber überhaupt, was wir andernfalls — und selbst wenn man die richtigen Bedingungen für eine künstliche Infektion nicht träfe — als Ursache des Absterbens setzen wollten; die eigenartige Erscheinung des von einem bestimmten Punkte gleichmässig nach allen Seiten fortschreitenden Verfalls ist in einer anderen Weise als durch successive „Ansteckung" jedenfalls schwer zu erklären, denn der natürliche Tod der Zellen — wie er sich als allmähliches, ziemlich gleichmässig stattfindendes Schrumpfen und Eintrocknen darstellt — erfolgt in wesentlich abweichender Art. In solchem Falle dürften wir aber schliesslich auch nicht von einer „Fäulnis", deren Begriff nach heutigem Sprachgebrauch das Mitwirken niederer Organismen einschliesst, reden [1]).

Übrigens gelingt die Übertragung der Fäule wenigstens bei den Kernobstarten wie apfelsinenartigen Früchten im allgemeinen ziemlich leicht, und es bedarf dazu nicht einmal immer des Mitwirkens besonderer Umstände; ob in jedem Falle eine — naturgemäss sehr begünstigend wirkende — Verletzung oder allgemeiner gesprochen Beschädigung [2]) Vorbedingung ist, will ich hier dahingestellt sein lassen. In Hinblick auf gewisse noch zu berührende Erscheinungen dünkt sie mir als allgemeine Forderung nicht gerade notwendig, zumal ja auch noch eine andere Möglichkeit der Erklärung gegeben ist.

Die Fruchtschale aller hier in Rede stehenden Obstarten ist — wie kurz bemerkt sein mag — durch eine mehr oder minder derbe glashelle periphere Zelllage (Epidermis) gegen die Aussenwelt abgeschlossen. Ihre Elemente, deren Gestalt und Grösse in allen Fällen grosse Ähnlichkeit zeigen, schliessen durchschnittlich auch im Reifestadium ohne Zwischenräume eng aneinander (also der normale Fall), sodass dadurch allerdings ein Eindringen von Hyphen solcher Pilze, die Zellwände

---

1) Das zuerst von Davaine erwähnte und auch von de Bary aufgenannte „Teigigwerden" („blettissement") der Birnen wird von Brefeld und auch Frank als spontane Fäulnis (ohne Pilze) bezeichnet. Erklärungsversuche sind jedenfalls noch nicht gemacht, vielleicht ist es ein normales Stadium der späteren Reife („Überreife"). cf. auch Sorauer l. c. p. 6.

2) Das aus irgend welchen Gründen stattfindende Absterben von Oberhautzellen involviert nicht gerade immer eine „Verletzung".

nicht zu durchbrechen vermögen, ohne vorhergehende Beschädigung ausgeschlossen scheint. Einmal haben wir nun aber in gewissen Fällen (Apfelsine insbesondere) nicht wenige und überdies recht grosse Spaltöffnungen, und weiterhin findet mehrfach ein thatsächliches und zwar reichliches Heraustreten der Hyphen aus der abgestorbenen Epidermis statt, ohne dass hierzu durch mechanische Verletzungen Gelegenheit gegeben wäre; daraus müssen wir doch wohl folgern, dass gegebenen Falls bez. unter Umständen auch ein Eintritt von Pilzfäden durch natürliche Öffnungen oder absterbende Oberhautzellen stattfinden kann [1]). Dem letzteren der beiden genannten Fälle begegnen wir z. B. als Regel bei allen Apfelsinen-artigen Früchten, deren oberflächliche Schimmelvegetation natürlich nicht anders als auf Rechnung einer reichlichen Gewebszerstörung (speciell Wandresorption, Durchbrechung von Epidermis oder Cuticula) erklärbar ist. So lassen sich denn auch insbesondere diese Früchte unter den richtigen Versuchsbedingungen durch gegenseitige Berührung ergiebig infizieren, und rein theoretisch kann dieser Fall wenigstens immer dann eintreten, wenn der Hyphe oder dem Keimschlauch die Möglichkeit des Einwachsens in eine Spaltöffnung gegeben ist; ob das aber auch stets faktisch zutrifft, soll hier unerörtert bleiben. Es wäre ja möglich, dass dabei noch gewisse Voraussetzungen (so beispielsweise ein zuvor erlittener leichter Druck, dem diese Gewebspartie ausgesetzt war und der vielleicht zum Austritt von etwas Zellsaft in die Intercellularen führte) gegeben sein müssen. Aber auch derartiges würde kaum unter das fallen, was die Autoren als „Verletzung" bezeichnen, und es sollte damit nur die keineswegs für alle Fälle erforderliche Vorbedingung einer mechanischen Beschädigung von aussen angedeutet werden [2]). Diese Frage an sich möchte bei Eingehen ins Specielle schon sehr umfangreich

---

1) Der unmittelbare Verfolg bez. Nachweis dieser Erscheinung ist naturgemäss ziemlich schwierig und gelingt nicht immer sicher. Schon die Konstatierung von Durchbrechungen der Oberhaut durch Hyphenbündel hat mit einigen technischen Schwierigkeiten zu kämpfen, die sie an sich schon zum Gegenstand einer besonderen Arbeit machen.

Es würde aber obige Folgerung auch mit den Angaben von Miyoshi (l. c.) stimmen.

2) Immerhin könnte das ja für manche Arten oder Sorten zutreffen.

werden, denn schliesslich können auch noch Verletzungen von innen her (Zerreissungen infolge starken Saftdruckes durch Wärmeschwankungen u. a.) bisweilen in Aktion treten. Übrigens sei hier auf die Angabe von Pfeffer und Miyoshi's[1]) hingewiesen, derzufolge speciell Fäden von *Penicillium glaucum* unter Umständen Zellwände durchbohren können.

Es ist aber weder möglich noch beabsichtigt, die Fäulnisfrage an diesem Orte, wo das mykologische Moment im Vordergrund steht, nach allen ihren Seiten ausführlich zu erörtern.

Endgiltig sei noch eines anderen gedacht.

Es liegt in der Natur der Sache, dass eine die Fäulniserscheinungen unseres Obstes behandelnde Arbeit von dem Material ausgeht, wie es das tägliche Leben bietet, das heisst also, wie es fast zu jeder Zeit überall erhältlich ist, ohne dass dabei ein besonderer Ursprungsort, Bezugsquelle oder gewisse Sorten einseitig bevorzugt werden. Es ist ja gerade wichtig, möglichst verschiedenartiges Material heranzuziehen. Ebensowenig — oder doch nur in beschränkter Weise — darf natürlich solches berücksichtigt werden, das durch eine besondere Art der Aufbewahrung vielleicht für die eine oder andere Pilzfäule besonders prädisponiert wurde, und dahin rechne ich beispielsweise Obst, das an feuchten, mit *Botrytis* infizierten Orten aufbewahrt wurde.

Demgemäss habe ich das für die Untersuchung bestimmte Material, welches die Fäulnis bald im ersten Beginn, bald stark fortgeschritten aufwies, in der Weise gesammelt, dass ich es stets da nahm, wo es gerade erhältlich war. Die Früchte wurden also rein zufällig hier und da aus verschiedenen Handlungen eingekauft, teilweise auch zwecks weiteren Verfolgs in zunächst gesundem Zustande gesammelt und aufbewahrt. Es ist so jedenfalls eine beträchtliche Menge faulenden Obstes durch meine Hände gegangen, sodass für die Resultate immerhin eine gewisse allgemeinere Giltigkeit beansprucht werden darf, zumal die im ersten Beobachtungsjahre (1893—94) gewonnenen Ermittlungen speciell betreffs des Kernobstes und der Südfrüchte in den beiden folgenden Wintern (1894—96)

1) „Über Chemotropismus der Pilze" in Botanische Zeitung. 1894 (p. 24 des S A.) und Sitzungsber. d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wissensch. Math.-physik. Kl. 6. März 1893.

wiederholt bestätigt wurden, ohne also durch abweichende Befunde in Frage gestellt zu werden. Insbesondere in Hinblick auf die Angabe Brefeld's, derzufolge derselbe seine Resultate auf „Früchte von den verschiedensten Orten, zu den verschiedensten Zeiten gesammelt" etc. bezieht, glaube ich darauf besonders hinweisen zu sollen. Übrigens thut meine Übereinstimmung mit Davaine bezüglich der zwei Haupt-Fäulnispilze (*Penicillium* und *Mucor*) schon dar, dass jedenfalls lokale und andere Verschiedenheiten kaum ins Gewicht fallen und die Sache am Orte und zur Zeit dieses Untersuchers sowie bei den von ihm gesehenen Obstsorten im wesentlichen gerade so lag. Das ist in gewisser Hinsicht vielleicht nicht ganz ohne Interesse, spricht übrigens auch wieder entschieden gegen die Brefeld'schen Befunde.

Die Ermittlungen beziehen sich weiterhin auf Früchte recht verschiedener Art, aber nicht in allen Fällen auf gleich hinreichendes Material. So gelangte ich nur ein Mal in den Besitz einer grösseren Portion von Mispeln und habe auch Zwetschen, Kirschen und Wallnuss minder umfassend beobachtet. Eingehend und wiederholt habe ich jedoch — wie schon bemerkt — die Fäulnisvorgänge bei Apfel, Birne, Traube und den genannten Südfrüchten verfolgt und Material hierzu im Verlauf der Wintermonate von recht verschiedenen Orten her zusammengetragen. Bezüglich der Sorten sei bemerkt, dass ich mich bei den beiden erstgenannten nur auf das sogenannte Winterobst beziehe und hier so ziemlich alle bei uns gängigen Sorten (Grafensteiner, Prinzapfel, Pijon, Winterbirnen verschiedener Art, saftige Essbirnen etc.) unter Händen hatte. Apfelsinen, Citronen, Mandarinen entstammten hiesigen Südfrucht-handlungen und waren nach Angabe aus Messina, Palermo u. a. (eine Sorte der Apfelsinen angeblich von Java) bezogen. Die Trauben waren teils fremde (Italiener, Malaga, „Almeria"), teils rheinische und speciell Ingelheimer, die mir unter Hinweis auf die reichlich vorhandenen Pilzvegetationen von Herrn A. Boehringer für Studienzwecke freundlichst übersandt wurden. Übrigens traten hier wie beim Kernobst durch die besondere Sorte bedingte sehr wesentliche Unterschiede nicht gerade hervor; das Bestehen solcher mit Rücksicht auf die sie besiedelnden Pilze lässt sich aber für die einzelnen Kategorien der Früchte (Kernobst, Trauben, Südfrüchte) sehr wohl

konstatieren, wenn auch nicht gerade immer bezüglich jeder Pilzspecies.

Äusserlich ordne ich endlich die weiteren Ausführungen in der Weise, dass in dem ersten der drei folgenden Kapitel zunächst das rein Thatsächliche mitgeteilt wird, und theoretische Erörterungen nebst allgemeineren Folgerungen für den zweiten Teil reserviert bleiben. In einem dritten komme ich dann näher auf die einzelnen Pilzformen in morphologischer Beziehung zu sprechen. Eine Absonderung des näheren hierauf bezüglichen Details gebietet sich aus mehreren Gründen, andererseits aber erachtete ich gerade eine Erörterung der specifischen Merkmale (wie sie für die zwei neuen *Penicillien* überhaupt ja nicht zu umgehen) für wünschenswert.

---

2. Die Kernobstfäule.

Das bekannte Bild des Faulwerdens unserer Kernobstarten, also in erster Linie der Apfel- und Birnfrüchte, ist in allen Fällen ein ziemlich übereinstimmendes, sodass merklich ins Gewicht fallende Beeinflussung regelmässiger Art weder von seiten der besonderen Obstsorte noch durch die Natur des Pilzes statthat, und ihm sein Bezeichnendes im wesentlichen nur durch die Beschaffenheit der weichen saftreichen Frucht aufgedrückt wird. Die infizierten Stellen werden unter Bräunung mürbe bis breiig, ermangeln aber im allgemeinen einer oberflächlichen Vegetation, für deren Erscheinen meist Umstände besonderer Art (Wundstellen, besonders feuchte Atmosphäre, späteres Stadium) Vorbedingung sind, sodass dieser Fall eigentlich mehr als Ausnahme zu gelten hat, wenngleich er durch künstliche Versuchsanordnung jederzeit zu erzielen ist. In einem gewissen minderen, doch wie es scheint, recht schwankenden Grade wirken die Einzelheiten freilich auf das Aussehen des Faulfleckes ein, sodass die Farbe bald hell-, bald etwas tiefer braun, die Konsistenz des getöteten Gewebes unter Umständen mehr trocken und minder breiartig ist, insbesondere aber die Schnelligkeit des Fortschreitens sowohl von der Natur des Pilzes wie von der der Frucht sehr beeinflusst werden kann, und wir gegebenen Falls selbst auf dem ein-

zelnen Fruchtexemplar neben fast stillstehenden Faulflecken solche mit ausserordentlicher Schnelligkeit fortschreitende beobachten. Man trägt aber wohl — und zwar entgegen früheren derartigen Angaben — mit Recht Bedenken, diese unter anderem wesentlich von Charakter, Alter etc. der Frucht mit abhängigen Umstände als für die einzelne Pilzart bezeichnend anzusehen.

Auch das anatomische Bild ist insofern das gleiche, als ausnahmslos das faule Gewebe — dessen Zellen unter Bräunung und Kontraktion des Plasmas abgestorben sind, während der Zellsaft die früher mit Gasbläschen angefüllten Intercellularräume erfüllt — reichlich von intercellularen Pilzhyphen durchzogen ist und solche innerhalb der einzelnen Faulstelle schon nach Augenschein durchweg einheitlicher Art sind. Bezeichnend ist die zu jener breiartigen Natur führende Lockerung des Zellverbandes in Verbindung mit dem reichlichen Austreten des Saftes, der nunmehr den Pilzhyphen ein unmittelbar erreichbares sehr geeignetes Substrat abgiebt. Das mikroskopische Bild liefert weiterhin insofern Bemerkenswertes, als nach dem Ausweis entsprechender Schnitt- oder Zupfpräparate aus der das abgestorbene Gewebe umgebenden, die ersten Stadien des Zerfalls aufweisenden Grenzzone stets die letzten Hyphenausläufer mit diesen zusammenfallen; hier beobachtet man neben sparsamen Pilzfäden das beginnende Absterben (leichte Kontraktion des Plasmakörpers neben beginnender Verfärbung ins Gelbliche) der ihnen angrenzenden Zellen, eine Erscheinung, die für Beurteilung der Pathogenität jener nicht ganz unwesentlich ist und den Kausalzusammenhang beider schon recht wahrscheinlich macht. Dem von der Faulstelle weiter entfernt liegenden lebenden Gewebe fehlen — wie kaum ausdrücklich bemerkt zu werden braucht — Pilzfäden stets, auch sei endlich noch beiläufig bemerkt, dass es an keinem Orte der erkrankten oder bereits ganz zerstörten Frucht zunächst zu einem Auftreten anderweitiger Organismen, somit auch nicht etwa von Bakterien, kommt [1]).

---

1) Es sei das in Hinblick auf manche durch Bakterien veranlasste Fäulnisprozesse (Kartoffelfäule, Zwiebelrotz der Hyacinthen und Speisezwiebeln u. a.) hier hervorgehoben. Wir haben es somit mit einer reinen Pilzfäule (und keiner Spaltpilzfäule) zu thun.

Während so die allgemeinen Erscheinungen der Fäule bei den hierher gehörigen Fruchtsorten ziemlich übereinstimmen, tritt ein Unterschied in der Richtung zu Tage, dass die Natur der Pilzhyphen nicht immer die gleiche ist, sondern wir durchweg zwei Typen derselben, unter Umständen selbst in zwei nebeneinander liegenden Faulstellen desselben Fruchtexemplars, antreffen. Die Unterschiede beider insbesondere auch betreffs der Dicke sind so erhebliche, dass sie ohne weiteres auffallen, denn einmal sind es sehr dünne (3—5 μ im Durchmesser), ziemlich regelmässig septierte, das andere Mal schlauchförmige, weniger regelmässige, meist septenlose und bis zum Zehnfachen des Durchmessers jener erreichende (somit Phycomyceten-Hyphen).

Es ergaben nun die Ermittlungen nach der Natur der ersteren, dass dieselben ausnahmslos dem gewöhnlichen *Penicillium glaucum* angehören, denn künstliche Vegetationen anderer Formen wurden nirgend erzielt, sodass selbst auch die Beimengung irgend einer anderen Art in keinem Kulturversuch beobachtet wurde. Dagegen erwiesen sich die Hyphenbildungen der zweiten Art ganz vorzugsweise als dem *Mucor piriformis* Fisch. zugehörig an; sonstige Species wurden — mit der einmaligen Ausnahme von *M. stolonifer* auf einer distinkten Apfelsorte — in keiner der von mir untersuchten Faulstellen gefunden, sodass die zwei genannten hiernach die gewöhnlichsten Fäulniserreger des Kernobstes sind, bezüglich ihres Auftretens bei den einzelnen Sorten aber noch einige Unterschiede bestehen. Die erstere der beiden findet man nämlich vorzugsweise auf Apfelfrüchten, während die zweite offenbar Birnen und speciell solche von weicher, saftiger Beschaffenheit bevorzugt; das sei hier noch in Kürze etwas näher ausgeführt, gleichzeitig aber bezüglich der charakteristischen Bilder pilzkranker Früchte auf Tafel I verwiesen.

Die Apfelfäule.

Der gemeinste Erreger der Faulstellen unserer Äpfel ist also *Penicillium*, und zwar findet man solches ziemlich gleichmässig auf allen Sorten, ohne dass jedoch der Fäulnisprozess gerade überall mit gleicher Intensität verläuft oder auch den gleichen Umfang erreicht. Einer totalen Vernichtung unterliegt gewöhnlich der Grafensteiner Apfel, wo auch die Schnelligkeit

des Fortschritts die erheblichste ist, und im Verlauf des Winters in der Regel nahezu eine jede aufbewahrte Frucht ihr anheimfällt. Nebenumstände, wie z. B. auch die Temperatur, spielen dabei aber schon eine Rolle, sodass niedere Wärmegrade verzögernd wirken, Zimmertemperatur dagegen begünstigend ist. Unter letzteren Umständen konstatierte ich z. B. in einem Falle einen regelmässigen täglichen Fortschritt von rund 2 mm auf dem Radius der oberflächlichen Faulstelle. Es gilt dieser Einfluss der Wärme, wohl verstanden, aber nur für den Fortschritt der bereits eingeleiteten Fäule, also nicht etwa für den Vorgang der Infektion selbst; hier kann dieselbe vielmehr insofern nachteilig wirken, als sie ein schützendes Dürrwerden oder Welken der sich enger zusammenschliessenden peripheren Zellschichten zur Folge hat, sodass im allgemeinen die an trocknen, mässig warmen Orten aufbewahrten Früchte weniger ansteckungsfähig erscheinen. Es ist ja auch bekannt, dass selbst offenliegende Schnittflächen durch Eintrocknen oft der Infektion entgehen, in feuchter Atmosphäre aufbewahrte Früchte [1]) dagegen besonders leicht zerfallen. Das ist übrigens von allgemeinerer Giltigkeit, bezieht sich also auch auf die weiter unten genannten Prozesse.

Neben dem Grafensteiner erweist sich unter übrigens gleichen Verhältnissen auch der Prinzapfel noch ziemlich empfindlich, obschon der Prozess im ganzen hier nicht mehr so häufig auftritt und auch langsamer in seinem Verlauf ist. Regel ist das jedoch nicht, denn es spielt auch der Wassergehalt der Frucht eine gewisse Rolle. Unterschiede zwischen den verschiedenen Sorten sind freilich gelegentlich wahrnehmbar, und dementsprechend beobachtet man ja auch, dass zartere frühreife Sorten (Augustäpfel), deren Haltbarkeit nur nach Wochen zählt, gegenüber dem eigentlichen Winterobst ganz hinfällig sind. Angaben über etwaige speciell hier in Frage

---

1) So schreitet überall in geschlossenen Bechergläsern, der feuchten Kammer u. a. die Fäule der Äpfel, Birnen, Apfelsinen etc. rapide vor und führt durchweg zu einer totalen Vernichtung. Der Boden der Gefässe füllt sich mit dem austretenden Saft, während reichlich Conidienpolster auf der braunen Oberfläche auftreten. Eine gleichmässig mit Feuchtigkeit beladene Atmosphäre unterstützt den Vorgang hiernach ausserordentlich, was übrigens auch kaum neu ist, jedenfalls aber bisher nur von Davaine entsprechend gewürdigt wurde.

kommende Pilze vermag ich aber nicht zu machen, doch dürften es wohl keine anderen sein.

Neben dem *Penicillium* findet man auch *Mucor piriformis* in faulenden Äpfeln, und öfter besitzen die durch ihn bewirkten Faulflecke eine etwas dunklere Farbe, während die durch *Penicillium* (wenigstens auf Grafensteinern) erzeugten ein fahles, wesentlich helleres Braun aufweisen. Ich lege auf dieses jedoch, da es offenbar von dem Fruchtcharakter mitbeeinflusst wird, geringeres Gewicht. Wichtiger erscheint mir, dass die Mucor-Fäule auf an freier Luft aufbewahrten Äpfeln im allgemeinen weniger energisch fortschreitet [1]) und die ca. pfenniggrossen Faulflecke nicht selten ganz stabil bleiben. Bei langsamem Fortschritt führt dann das unvermeidliche partielle Austrocknen auch zu einer weniger breiartigen und mehr festen Faulmasse. Immerhin ist aber das von *Penicillium* ein weit häufigeres Vorkommnis an diesem Orte.

Vereinzelt und auf bestimmte Fälle beschränkt beobachtet man die dritte nur untergeordnet in Frage kommende Art: nämlich *M. stolonifer* Ehrenbg. (*Rhizopus nigricans* Ehrenbg.). Faulstellen dieser fand ich jedoch nur in einem Falle auf einer bestimmten, nicht näher zu charakterisierenden Apfelsorte [2]), während die beiden soeben genannten (und besonders das *Penicillium*) eigentlich immer vorhanden waren. Die infizierten Partien weisen irgendwie Abweichendes nicht gerade auf, wenigstens enthalte ich mich hier weitergehender Schlüsse. Einige Versuche, diesen Pilz auf gesunde Exemplare zu übertragen, misslangen, sodass ich selbst seine unbedingte Pathogenität unter Reserve gebe.

Die auf den infizierten Früchten in der Regel ausbleibende oberflächliche Vegetation wurde bereits berührt; in diesem Falle ist natürlich weder sicher zu entscheiden, welcher Pilz vorliegt, noch a priori überhaupt anzugeben, dass eben eine Ursache dieser Art mitwirkt, wenn wir nicht wüssten, dass „Faulstellen" ohne Pilze nicht vorkommen. Nicht selten tritt aber auch hier und da an verletzten Früchten der Pilz an die Oberfläche; er

1) Ähnliches beobachtet man auch bei dem Auftreten von *Mucor* auf Zwetschen und Mispeln; der Prozess dürfte hier also gelegentlich durch Störendes (Produkte? Bakterien?) beeinflusst werden.

2) Ein Exemplar der aus einer Delikatesswarenhandlung bezogenen Früchte sehr derben Charakters.

bildet dann in Vertiefungen wohl kleine Rasen oder dringt aus einem künstlichen Riss hervor. Da dafür eine feuchte Atmosphäre wesentliche Vorbedingung ist — in trockner Luft kollabieren die Fäden alsbald — so findet man solches gern auf der Unterseite oder der Berührungsfläche mit einer anderen Frucht oder einem sonstigen Gegenstande, denn jedenfalls ist in geschützten Winkeln der Luftwechsel (also auch der Feuchtigkeitsaustausch) weniger ergiebig. Man kann die Erscheinung jedoch stets in der feuchten Kammer nach Wunsch hervorrufen; *Penicillium* bildet dann kleine, derbe, halbkugelige oder flache, sich bald tiefgrün färbende Polster, während von *Mucor piriformis* Gruppen oder Rasen von Sporangienträgern recht variabler Grösse erscheinen, und zwar hat beides unter solchen Umständen auch gelegentlich auf der scheinbar unverletzten Fruchtschale statt, wofür neben sehr feinen Rissen — auch ein Durchbrechen der Zellwand ist nicht ausgeschlossen — event. noch natürliche Öffnungen in betracht kommen könnten. Ich lasse das dahingestellt [1]). *Mucor stolonifer* sendet dann massenhaft lange, weisse Ausläufer (in dichten Rasen) in die umgebende Atmosphäre, die gegebenen Falls (z. B. an der Gefässwand) reichlich Haftorgane und Sporangienträger produzieren.

Die Birnfäule.

Die Faulflecke dieser Fruchtart bieten qualitativ nichts Neues; man findet in ihnen wieder jene beiden Pilzarten, mit der Besonderheit, dass in saftigen Sorten hier gerade *Mucor* überwiegt; er ist es auch in der Regel, welcher — im Gegensatz zu seinem Verhalten auf dem Apfel — die intensivste Fäule hervorruft und gewisse Birnsorten in wenigen Tagen total faul macht, also ähnlich wie es beim Grafensteiner Apfel durch *Penicillium* geschah. Sein Mycel durchzieht das Innere weniger regelmässig und im ganzen auch wohl weniger reichlich wie das des anderen Pilzes; die Wirkung an sich ist aber

---

1) Auch könnte es sich um Emporheben und Aufbrechen der Epidermis von seiten des Mycels handeln. Bemerkt sei jedoch noch, dass bei manchen Apfelsorten dies Hervordringen der Conidienpolster seltener, bei anderen häufiger ist, sodass es gelegentlich auch fast ganz unterbleibt.

dieselbe. Hier beobachtet man übrigens nicht selten, wie *Penicillium* späterhin auch die gleichen Faulstellen durchwächst.

Äusserliche Vegetation findet gleichfalls nur gelegentlich statt, sobald dafür eben die beiden entscheidenden Bedingungen (Möglichkeit des Austritts und Feuchtigkeit) gegeben sind; es gilt dafür das bei der Apfelfäule Gesagte. Der Pilz bedarf einer feuchten Atmosphäre (auch für die Sporangium-Bildung) in besonders hervorragendem Grade und gelangt andernfalls überhaupt nie auf die Oberfläche des Substrats.

Härtere Birnsorten (Winterbirnen) werden mit Vorliebe von *Penicillium* befallen; diese Fäule breitet sich auch merklich langsamer aus, sodass derartige Faulflecke selbst unter günstigen äusseren Umständen (in der feuchten Kammer) nur langsam fortschreiten. Ein derartiger Einfluss — wie er auch von früheren Beobachtern schon festgestellt — von seiten der Frucht bietet an sich nichts Auffallendes, denn harte, zuckerärmere und weniger saftige Sorten nähern sich hinsichtlich der Beschaffenheit schon mehr den unreifen Früchten. Er besteht unzweifelhaft für jede Fruchtart, sodass allgemein die weichen, saftigeren Sorten der Pilzzersetzung am wenigsten Widerstand leisten. Allerdings dürfen wir ihn nicht einseitig überschätzen, denn immerhin ist noch der weiche Apfel im Vergleich zur Traube oder Zwetsche eine harte Frucht, obschon er mit gleicher und selbst grösserer Leichtigkeit vom *Penicillium* durchwachsen wird; seine generelle Betonung ist somit nicht ganz zutreffend.

Dass die von früheren Autoren auf faulenden Birnen beobachteten *Mucor*-Species zweifelhafter Art mit der hier genannten identisch sind, erscheint jedenfalls recht wahrscheinlich. Unerklärt bleibt dagegen die Angabe Brefeld's, wonach gerade *M. stolonifer* der verbreitete Fäulnispilz dieser Frucht sein soll; möglich ist, dass hier eine Verwechslung vorliegt, jedenfalls ist die Angabe irrig, denn dieser Pilz ist auf faulenden Früchten überhaupt selten, und als Fäulnisursache der Birne tritt neben *Penicillium* so gut wie ausnahmslos *M. piriformis* auf.

Die Mispelfäule.

Material für die Untersuchung lag mir hier — wie schon oben bemerkt — nur einmal in Gestalt einiger Pfund reifer

Mispeln vor, die ich für diesen Zweck längere Zeit unter Beobachtung hatte. Auch hier liess sich unschwer wieder der *Mucor piriformis* isolieren, sodass er gleichfalls beim Faulen dieser Frucht eine wesentliche Rolle spielen dürfte. Seine Sporangienträger drangen in grosser Zahl aus den unter Glasglocke gehaltenen Früchten hervor, während normalerweise eine oberflächliche Vegetation so gut wie ganz fehlt. Die Geniessbarkeit dieser Frucht ist bekanntlich an ein sich schliesslich einstellendes Faulwerden (Erweichen) gebunden, und möglicherweise ist das auch sonst eine Wirkung dieses Pilzes, sodass derselbe dieserhalb von einigem Interesse wäre. Allerdings giebt Brefeld für die Mispel (wie auch für die Birne) eine spontane Fäule (ohne Anwesenheit von Pilzen) an, doch wüsste ich weder eine Erklärung dieser, noch reichen meine Ermittlungen an der Mispelfrucht aus, um ihr direkt zu widersprechen. Ein eigentliches Faulwerden von Birnen ohne Pilze — genau genommen, schliesst übrigens jene Bezeichnung schon das Mitwirken von Organismen ein — habe ich jedenfalls nie gesehen.

Der Verfasser dürfte aber darunter wohl das bereits von Davaine erwähnte „Teigigwerden" (blettissement) gewisser Früchte verstehen. Vermutlich als Folge einer vorgeschrittenen Reife bei manchen Fruchtarten ist das jedoch — wie schon oben bemerkt — kaum als Fäulnis zu bezeichnen.

Endgiltig früge sich, inwieweit den hier ermittelten Befunden allgemeinere Giltigkeit zukommt. Demgegenüber bemerke ich zunächst, dass in den zahlreichen Exemplaren des von mir untersuchten angefaulten Materials von Apfel- und Birnfrüchten — mit der einen Ausnahme des *Mucor stolonifer* — eine andere Pilzspecies als die beiden hier genannten nicht gefunden wurde. Es darf daraus wohl der Schluss gezogen werden, dass wir in ihnen die verbreitetsten Fäulniserreger jener Fruchtarten zu sehen haben, ganz unbeschadet dessen, ob gelegentlich noch die eine oder andere Form hinzutreten kann. Diese Möglichkeit ist damit natürlich keineswegs ausgeschlossen; vielmehr weisen ja schon einige Angaben in der Litteratur darauf hin, dass unter Umständen beispielsweise auch *Botrytis* hinzukommen kann. Dieser (wie auch etwaige andere

Arten) ist aber jedenfalls nicht als Fäulniserreger von allgemeinerer Bedeutung zu betrachten und wird in solchen Fällen voraussichtlich durch etwaige besondere Umstände (Nässe, direkte Ansteckung etwa durch infiziertes Pflanzenmaterial) dazu veranlasst, während *Mucor* und *Penicillium* dagegen sich ohne Schwierigkeiten fast jederzeit ansiedeln. Bezüglich der unbedingten Pathogenität speciell des *Penicillium* sei auch noch bemerkt, dass sie sich jederzeit durch Conidienaussaat experimentell darthun lässt, ein Grund, dem Pilz nur eine sekundäre Rolle zuzuschreiben, also nicht vorliegt; es sind die Sporen für lebendes Gewebe direkt infektionstüchtig.

Wie eingangs auch bereits hervorgehoben, decken sich meine Ermittlungen bezüglich des *Mucor* und *Penicillium* ganz mit den Davaine'schen Angaben, wenn man bezüglich des ersteren die Species korrigiert. In diesen beiden haben wir die bei weitem häufigsten Fäulnispilze des Kernobstes zu sehen.

---

3. Die Fäule Apfelsinen-artiger Früchte.

Nach einigen früheren Angaben [1]) soll wenigstens der bei der Citronen- (und Orangen-)Fäulnis auftretende Pilz wiederum das *Penicillium glaucum* sein, und für dieses hat man auch wohl im allgemeinen den überall auf verderbenden Apfelsinen sich findenden grünen Schimmel genommen. Genauere Ermittlungen nach dieser Seite fehlen jedoch ganz, obschon auch Davaine die pathogene Wirkung desselben hervorhebt, und selbst die Art seiner Vegetation auf den befallenen Früchten etwas näher schildert. Wennschon die hierauf bezüglichen Angaben dieses Autors allerdings zutreffend sind, so befindet derselbe sich jedoch in dem Punkte im Irrtum, als er den Pilz, offenbar veranlasst durch die grosse Ähnlichkeit, für *Penicillium glaucum* hält. Thatsächlich sind aber die Vegetationen auf reifen Südfrüchten (Citrone, Apfelsine, Mandarine, Orange) durchweg besonderer Art, und wir stehen hier also dem interessanten Fall gegenüber, dass die Fäulnis dieser Kategorie von Früchten im allgemeinen nicht von den gleichen Species hervorgerufen wird, wie sie auf den Kernobstarten auftraten.

---

1) Davaine l. c.

Die hier in betracht kommenden Pilzformen sind zwei dem *P. glaucum* gegenüber gut charakterisierte besondere *Penicillium*-Species, betreffs deren näherer Beschreibung auf den Schluss der Arbeit verwiesen sei; ich habe dieselben als *P. italicum* und *P. olivaceum* bezeichnet.

Erörtern wir zunächst den Fäulnisvorgang selbst etwas näher, so bietet derselbe schon äusserlich ein von dem der bisher besprochenen abweichendes Bild. Während das Innere der Frucht erweicht, bedeckt sich gleichzeitig ihre Schale mit einem zunächst schneeweissen, bald jedoch sich färbenden, gleichmässigen Überzuge, der in ausgesprochener Weise das Bild des Verschimmelns darbietet und je nach der Pilzspecies bläulich-grüne oder olivbraune Farbe besitzt. Zum Unterschiede von vorher gelangen somit hier sehr ergiebig an fast allen Punkten der Fruchtperipherie die Pilzhypen an die Oberfläche, um da eine massenhafte Conidienbildung zu veranlassen. Es ergiebt sich daraus bereits, dass gerade die weiche Schale dieser Früchte ein bevorzugter Entwicklungsboden dieser Pilzvegetation ist, und im Beginn des Prozesses sowie da, wo der Säuregehalt des Fruchtfleisches Hindernisse bereitet (Citrone), pflegt auch zunächst allein diese infiziert zu werden, sodass eine schimmelnde Frucht (mit blosser „Schalenfäule") nicht gerade immer auch innerliche Fäulniserscheinungen zeigt. Gewöhnlich und zumal bei süssen Früchten (Apfelsinen, Mandarinen) dringen aber die Hyphen alsbald schnell auch in das Innere ein, und haben dann hier eine ähnliche Wirkung wie beim Apfel u. a. zur Folge (Erweichen, Saftaustritt), ohne dass jedoch eine merkliche Verfärbung oder Geschmacksänderung zunächst bemerkbar wird.

In der Regel geht die Infektion von einem oder einzelnen Punkten der Oberfläche aus. Ihr erstes Symptom ist ein Erweichen und Einfallen der betreffenden Stelle, das von einer schwachen Verfärbung der gelben Schale ins Dunkle begleitet ist. Während dieser Prozess rasch um sich greift, erscheinen dann alsbald die ersten oberflächlichen sterilen Hyphen, welche meist aus den abgetöteten und ihren Inhalt entlassenden (Geruch!) Öldrüsen hervordringen und zunächst zur Bildung eines weissen Fleckes führen [1]). Dieser vergrössert sich je nach den

1) Wenn somit der Pilz die abgetötete Schale sehr ergiebig von innen her durchbricht, wird er naturgemäss unter bestimmten Umständen auch

Verhältnissen in mehr oder minder schneller Weise und nimmt, von der Mitte beginnend, die den Conidien eigentümliche Färbung an; bei sehr raschem Fortschritt (im feuchten Raum) bleibt er gewöhnlich von einer weissen sterilen Zone umgeben, auch kann es hier vorkommen, dass das Durchwachsen der Fruchtschale so schnell verläuft, dass die gesamte Frucht zunächst von einer weissen, sich erst allmählich färbenden Schimmelhülle umgeben ist. Bei der Fäule, wie man sie auf den Früchten unter gewöhnlichen Verhältnissen, insbesondere bei der Apfelsine und Mandarine anzutreffen pflegt, ist auch das Fruchtfleisch (intercellular) bereits dicht von massenhaften Hyphen durchwachsen, und es bieten diese im übrigen ganz dasselbe Bild, wie man es bei denjenigen des in anderen Früchten wachsenden *P. glaucum* antrifft. Wo im Innern dazu durch grössere Lufträume Gelegenheit geboten wird, beobachtet man auch hier gelegentlich reichliche Conidienbildung.

Diese gerade bei *P. italicum,* dem weit gemeineren der beiden Pilze, gut ausgeprägten Erscheinungen, sind sonst bei beiden ziemlich die gleichen; von einigen Differenzen bezüglich der Hyphendimensionen abgesehen, liegen Unterschiede der Pilze vor allem in der bereits erwähnten Färbung sowie in der Häufigkeit des Vorkommens. In der bei weitem überwiegenden Zahl der Fälle beobachtet man den blaugrünen Schimmel, und ausnahmslos war mit diesem alles in den Südfruchthandlungen anzutreffende infizierte Material behaftet; der andere olivfarbene (*P. olivaceum*) stellt sich dagegen mit Vorliebe auf den im warmen Zimmer aufbewahrten Fruchtexemplaren, häufig neben dem ersten [1]), ein, sodass sein Inwirkungtreten scheinbar eine etwas höhere Temperatur voraussetzt;

---

von aussen in dieselbe hineingelangen können. Es genügt hierzu vielleicht ein Absterben einzelner Epidermiszellen, denn die sonstige Vorbedingung (Fähigkeit der lokalen Wand- oder Cuticula-Auflösung) ist nach obigem gegeben.

Keineswegs zieht also, wie Davaine will, die Oberhaut eine unbedingte Scheidewand zwischen innen und aussen dergestalt, dass weder Hyphen hinein noch heraus können. Im allgemeinen (insbesondere auch bei intakter, lebender Oberhaut) ist das allerdings der Fall, ohne aber für alle Fälle zu gelten.

1) Er wird aber oft von jenem alsbald überwachsen; seltener ist das Umgekehrte der Fall.

wenigstens wüsste ich ein anderes dabei in betracht kommendes Moment (vielleicht etwa noch minderen Feuchtigkeitsbedarf abgerechnet) nicht anzugeben. Er verbreitet sich alsdann mit ausserordentlicher Schnelligkeit über die gesamte lebende Fruchtoberfläche, sodass man gerade hier zunächst den schneeweissen Überzügen begegnet, und jedenfalls auch seine Wirksamkeit eine geraume Zeit vorzugsweise auf eine Zerstörung der erweichenden Fruchtschale sich beschränkt. Es ist das nicht unähnlich der von Müller-Thurgau bei der Weinbeere für *Botrytis* beschriebenen Erscheinung, wo gleichfalls zunächst vorzugsweise die Vegetation der Hyphen zwischen den Zellen der Beerenschale stattfindet.

Naturgemäss geht aus der Thatsache der oberflächlichen Vegetation unserer beiden Pilze auf den faulenden Früchten noch nicht ein Kausalzusammenhang mit der Fäulnis hervor, denn es könnten gerade die innerhalb der Frucht sich ausbreitenden Hyphen anderen Arten (z. B. dem *P. glaucum*) angehören. Experimentell lässt sich aber der Nachweis dafür unschwer führen. Einmal ergeben die aus dem Fruchtinnern präparierten (s. Methodisches) Hyphen ausnahmslos die gleiche Conidien-Fruktifikation und weiterhin rufen Infektionsversuche [1]) mit den Sporen neben oberflächlichem Verschimmeln ausgesprochene Fäulnis der Frucht hervor. Unter für den Fortschritt der Erscheinung günstigen Verhältnissen (in abgeschlossener Atmosphäre, so in bedeckten Bechergläsern) verläuft der Prozess alsdann ausserordentlich schnell, und der Boden der Versuchsgefässe füllt sich millimeter- bis centimeterhoch mit dem austretenden Safte.

Bezüglich der Bedingungen bestehen auch hier die sonst im allgemeinen giltigen Forderungen. Weniger reife Früchte sind durchweg schwerer zu infizieren, zumal erscheinen frische Citronen mit noch saftiger Schale besonders resistent, und angefaulten Exemplaren dieser Frucht begegnet man durchweg auch seltener; was mir speciell hier an Material vorlag, war bereits monatelang aufbewahrt und hatte sich oberflächlich

1) Entfernung eines wenige Quadratmillimeter grossen Stückes der äusseren Fruchtschale durch tangentialen Schnitt und Bestreuen der Wundstelle mit Conidien. Der Erfolg pflegt schon nach 2—3 Tagen wahrnehmbar zu sein.

reichlich mit jenen blaugrünen Überzügen bedeckt (Fäule der Fruchtschale). Der erst mit dem Alter abnehmende hohe Gehalt an freier Säure dürfte dem Eindringen der Hyphen in das Innere jedenfalls erhebliche Schwierigkeiten entgegensetzen. Frischeres Material war jedoch (und zwar wiederum zunächst nur dessen Schale) besonders leicht mit dem *P. olivaceum* zu infizieren, das selbst bei spontanem, durch Anschneiden herbeigeführtem Auftreten in kurzem die gesamte Frucht umwuchs. An der wirklichen Pathogenität unserer beiden Pilzformen dürfte hiernach ein Zweifel nicht mehr bestehen. Ein wesentliches Moment ist auch hier hinreichende Feuchtigkeit und zwar vor allem der Fruchtschale [1]), denn schon unter solchen Verhältnissen findet stets eine ergiebige oberflächliche Conidienbildung statt, ohne dass es einer besonders wasserdampfgesättigten Atmosphäre bedarf, wenngleich unter solchen Umständen auch der Fortschritt der Pilzvegetation merklich lebhafter ist. Trockene, dürre Beschaffenheit der äusseren Schale, wie sie beispielsweise bei längerem Liegen der Früchte im warmen Zimmer resultiert, hindert die Ausbreitung wie auch die Infektion selbst, und es lässt sich gerade in diesem Falle die Bedeutung normal-wasserreichen Gewebes für das Eintreten der Fäule experimentell gut darthun. Durch Wasserverlust härter gewordene Früchte sind merklich schwerer zu infizieren, und eine grössere Ausdehnung erreicht der Prozess überhaupt nur bei frischen Früchten, sofern diese eine Zeitlang unrationell aufbewahrt werden; in dieser Beziehung wirkt vorzugsweise die Art der Verpackung während des Transportes sowie auch die der späteren Aufbewahrung in geschlossenen Behältern, in denen auf grund der andauernden Transpiration stets eine an Feuchtigkeit reiche Luft herrscht. Dann fallen insbesondere von Apfelsinen (und auch Mandarinen) Dutzende und Hunderte der durch *P. italicum* bewirkten Fäule zum Opfer, und es ist eine dem Händler wohl bekannte Thatsache, dass gelegentlich

1) Damit soll aber nicht gesagt sein, dass nun unreife Früchte mit noch saftdurchtränkter Fruchtschale besonders empfindlich sind. Vielmehr muss die reife Schale einen gewissen Feuchtigkeitsgehalt besitzen, also nicht im Austrocknen begriffen sein. Unter Feuchtigkeit ist hier überall nicht direkte „Nässe", sondern nur ein gewisser Wassergehalt der Zellwände (und Wasserdampfgehalt der Intercellularen) zu verstehen.

der Inhalt einer Sendung dermassen verdorben ist, dass sich kaum noch eine brauchbare Frucht in derselben befindet [1]). Daraus ergiebt sich auch schon die leichte Übertragbarkeit der Erkrankung, sofern günstige Vorbedingungen gegeben; wirkliche Verletzungen erheblicher Art scheinen nicht immer gerade notwendig, die eine oder andere der verstäubenden unzählbaren Conidien findet wohl hier oder dort die zum direkten Einwachsen in die Schale geeignete Stelle (Spaltöffnung, tote Epidermiszelle u. a.), wenn eine sichere Feststellung dieser Thatsache auch nicht gerade ohne weiteres gelingt und nach Sichtbarwerden der Infektion ja überhaupt nicht mehr möglich ist.

Während die Farbe der Conidienrasen des *P. olivaceum* andauernd ihre charakteristische Nüance beibehält und auch nach Monaten auf den zwecks Konservierung getrockneten Früchten noch keine Änderung zeigt, ist die des zweiten Pilzes von der manchen derartigen Schimmelvegetationen zukommenden Veränderlichkeit; das anfangs charakteristische bläuliche Grün macht mehr grauen und weiterhin aschfarbenen Tönen Platz (ähnelt darin also der des *P. glaucum*), indes die gewöhnlich in ihrer ganzen Masse von den Hyphen durchdrungene Frucht nach längerer Zeit den auch sonst für faulende Früchte charakteristischen und je nach den Umständen wechselnden totalen Zerfall erleidet (Eintrocknen unter Schrumpfung bei ungehinderter Verdunstung; Übergehen in eine deformierte mürbe Masse bei feuchter Atmosphäre). Dabei sei noch eine nicht uninteressanten Erscheinung erwähnt. Die von *P. italicum* durchsetzten Früchte (Apfelsinen, Mandarinen) weisen oberflächlich wie auch in ihrem Innern (besonders unter der Schale wie im Fruchtfleisch) zahlreiche bereits mit blossem Auge wahrnehmbare bräunliche (durch sie umspinnende Hyphen grau erscheinende) Kügelchen auf, welche Sklerotien dieses Pilzes darstellen, und deshalb bemerkenswert sind, als derartige Organe in gleicher Ausgestaltung innerhalb dieser Gattung bisher nur von dem *P. glaucum* bekannt waren. Auf

1) Nach Mitteilungen einer hiesigen Südfruchthandlung. Besonders verderblich soll die Erscheinung erst in den späteren Sendungen nach Beginn der Ernte eintreten, während sie anfangs bei den weniger reifen Früchten selten ist. Der Einfluss der Reife ist für diesen Fall also direkt nachweisbar.

sie ist weiter unten bei der genauen Beschreibung des Pilzes näher einzugehen.

Es erübrigte nunmehr noch die Frage, ob auf den hier genannten Früchten nur die zwei erwähnten und nicht auch noch anderweitige Pilzformen fäulniserregend auftreten. Dazu bemerke ich zunächst, dass beim Studium eines reichlichen kranken Materials während der letzten drei Jahre andere Formen von mir nicht beobachtet wurden, und es dürfen somit die hier genannten und insbesondere das *P. italicum*, als die regelmässigen Fäulniserreger gerade dieser Fruchtarten angesehen werden. Eine andere Frage ist die, ob nicht gelegentlich noch eine andere Species hinzukommen kann. Das ist natürlich keineswegs ausgeschlossen, wenn auch bisher noch nicht erwiesen, denn jedenfalls hat auch Davaine das blaugrüne *P. italicum* und nicht *P. glaucum* vor sich gehabt. Anders wird aber die Sachlage, wenn Früchte dieser Arten derartig verletzt werden, dass beträchtliche Gewebsschichten absterben oder reichlich Saft an die Oberfläche tritt, und beides haben wir vor uns beim Zerschneiden derselben oder etwa bei Entfernung der äusseren (z. B. der die Öldrüsen enthaltenden) Schalenteile. Die nunmehr auftretende Vegetation ist als zunächst rein saprophyter Art wesentlich anders zu beurteilen und dementsprechend auch thatsächlich eine andere. Da begegnen wir denn allen solchen Formen, die als gemeine Schimmelerreger bekannt sind (verschiedene *Penicillien, Mucorineen, Citromyces* u. a.), die aber naturgemäss mit einem Krankmachen lebender gesunder Früchte zunächst nichts zu schaffen haben, selbst wenn sie unter irgend welchen Umständen nunmehr den Zersetzungsprozess weiterführen sollten oder gar imstande wären, unter für ihre Entwicklung besonders günstigen Verhältnissen auf die eine oder andere gesunde Frucht überzugreifen.

---

4. Die Steinobstfäule.

Wennschon die bisher gesammelten Erfahrungen es hinlänglich rechtfertigen, den älteren Angaben über die Speciesnatur der für Fäulnisprozesse vorzugsweise in betracht kommenden Pilze ein gewisses Misstrauen entgegenzubringen, so

schien mir eine Ausdehnung der Ermittlungen auf noch weitere Fruchtarten doch immerhin von Nutzen. Was wir bisher an Arten fanden, beschränkt sich auf einige wenige: drei *Penicillium*- und eine (bez. zwei) *Mucor*-Species, allerdings in einer Verteilung, die nicht ganz ohne Interesse ist. Gehen wir aber die Angaben Davaine's und Brefeld's durch, so sprechen diese — trotzdem sie die in betracht kommenden Penicillien für eine einzige Art nahmen — von einer Reihe von Species, deren Zahl von Davaine wenigstens doch etwas genauer (7—8) namhaft gemacht wird, obschon namentliche Anführung nur noch drei (*Trichothecium domesticum* Fries, *Helminthosporium* und *Selenosporium*) erfahren [1]). *Penicillium* und *Mucor* sollen von ihnen aber die gewöhnlichsten sein. Brefeld giebt Genaueres überhaupt nicht an und lässt *Botrytis cinerea, Mucor stolonifer* (als gemeinste) und *Penicillium glaucum, Mucor racemosus* (ersteres als meist sekundär) neben einigen ungenannten anderen wirksam sein.

Für die bisher genannten Fruchtarten unterliegt es aber wohl keinem Zweifel, dass irgend welche anderen Formen als die genannten nur die Ausnahme bilden können, also auch nicht als die wesentlichen Fäulniserreger, um die es sich hier wie bei jenen beiden Autoren ja doch handelt, zu betrachten sind. Die Zahl dieser ist nach allem offenbar eine ziemlich beschränkte, und gerade diese Thatsache sei als bemerkenswert betont: übereinstimmend finden wir in zahlreichen zur Untersuchung kommenden Fällen immer wieder dieselben Pilzformen, deren Natur für mehrere Fälle durch die der Frucht merklich bestimmt wird.

Um jedoch noch ein weiteres Material heranzuziehen, habe ich die Ermittlungen auch über einige Steinobstarten ausgedehnt und speciell die Fäule einer Zwetschen- sowie Süsskirschen-Sorte näher verfolgt. In der bisherigen Litteratur wird die Pflaume und Kirsche als sich vorzugsweise mit *Monilia fructigena* Pers. (*Oidium fructigenum* Lnk.) bedeckend

---

1) Ob diese aber gerade auf unseren Früchten sich finden, bleibt trotzdem unklar. Es hat eigentlich mehr den Anschein, als ob die Autoren sich durch diese Zugabe ungenannter Species gegen etwaige Einwürfe decken wollen oder selbe nur vereinzelt gefunden bez. deren Mitwirken als nicht ganz zweifellos ansehen. Das Unbenanntlassen ist sonst wenigstens nicht gerade leicht verständlich, da etwa gefundene, wirklich in Frage kommende Pilze doch wohl benannt würden.

namhaft gemacht[1]), während Davaine sie unter den durch *Penicillium* und *Mucor* faulenden Früchten aufführt.

Zwetschen- wie Kirschenfäule bieten zwei aus dem gewöhnlichen Leben ganz bekannte Bilder; sie sind etwas so Alltägliches, dass es sich hier nur darum handeln kann, ihre Erreger kurz anzuführen, denn in manchen Fällen erscheinen auf den faulenden Partien der Früchte trotz Verletzungen der Fruchtschale keinerlei Fruktifikationsorgane.

Gemeinsam beiden findet man wiederum, und zwar vorzugsweise bei Kirschen, ein grünes *Penicillium*; es ist das auch der Pilz, welcher hier noch am häufigsten seine Anwesenheit durch oberflächliche Vegetationen (rundliche Conidienpolster) zu erkennen giebt und speciell schwarzen Kirschsorten bei der Fäule einen eigenartigen, nicht unangenehmen Geschmack verleiht; im einzelnen ist das Bild (wie auch der Geschmack) ein dem der faulenden blauen Weinbeeren sehr ähnlicher. Die Art des Pilzes ist thatsächlich die gleiche, denn auch hier handelt es sich um das gemeine *P. glaucum.*

Die von mir untersuchten faulenden Zwetschen boten insofern noch etwas Neues, als hier eine bisher noch nicht genannte Pilzform zur Beobachtung kam, die wenigstens im feuchten Raum (unter Glasglocke) auch mehrfach auf den infizierten (verletzten) Exemplaren zur Fruktifikation gelangte. Es war das eine dem *Mucor piriformis* zunächst ziemlich ähnliche, aber durch verzweigte Sporangienträger von ihm unterschiedene Art, nämlich *M. racemosus.* Die sonstigen näheren Einzelheiten wiederholen sich hier in der oben schon mehrfach angedeuteten Weise, und ich hebe davon nur noch einen Punkt hervor.

Die *Mucor*-Fäule der Zwetschen bietet gelegentlich insofern Abweichendes, als sie nicht die gesamte Frucht ergreift, sondern auf beschränkte Teile derselben eingeengt bleibt; durch schnelleren Wasserverlust (als Folge des Absterbens) beginnt dann der Faulfleck in bekannter Weise zu schrumpfen, ohne sich selbst unter sonst günstigen Verhältnissen (feuchte Kammer)

1) Sorauer, l. c. p. 299. Tubeuf, l. c. p. 516. Auch auf Aprikosen und Pfirsichen wird die Art als pathogen angegeben. Der Pilz ist aber nicht auf die Frucht beschränkt und scheint auch kein eigentliches Faulen zu veranlassen (Kirschen werden nach Woronin von ihm „mumifiziert"). Cf. auch O. Kirchner, l. c. p. 298 und 316.

merklich zu vergrössern, wie das in allen früheren Fällen fast ausnahmslos der Fall war. Über den eigentlichen Grund vermag ich jedoch Sicheres nicht auszusagen; es ist möglich, dass hier durch irgend welche Umstände herbeigeführte Reaktionsänderungen des Saftes an dem Vegetationsstillstande des Pilzes mitbeteiligt sind. Dafür könnten immerhin noch Fremdorganismen in Frage kommen, denn in den von mir angesetzten Versuchen im feuchten Raum traten reichlich Bakterien (neben Fliegenlarven)[1]) auf, sodass späterhin ein von unangenehmen Riechstoffen begleitetes Faulen stattfand, das schon dieserhalb von der *Mucor*-Fäule abwich, denn durchweg sind die durch Mycel-Pilze veranlassten Zerstörungsvorgänge von keinen oder doch jedenfalls nicht von unangenehmen Gerüchen begleitet. Inwieweit die besondere Saftzusammensetzung der Zwetsche derartigen sekundären Erscheinungen Vorschub leistet, bleibe hier dahingestellt. Endlich könnte aber auch vielleicht aus diesem Grunde die Zwetsche (ähnlich der Weinbeere) der Pilzinvasion überhaupt einen grösseren Widerstand entgegensetzen, denn sie ist ihrer Beschaffenheit nach offenbar der letzteren vergleichbarer als z. B. dem Apfel, wo u. a. wohl die Konzentration des Saftes (Zuckergehalt) eine merklich geringere ist.

---

5. Die Wallnussfäule.

Die weiche, saftige Schale der reifen Wallnuss bietet insofern etwas an die bisher genannten Prozesse sich Anschliessendes, als sie in der Regel gleichfalls der hier allerdings durch Zerreissung und Ablösen von der Steinschale merklich begünstigten Pilzzersetzung unterliegt, und sei letztere wenigstens anhangsweise erwähnt. Der Prozess vollzieht sich hier — wie allerdings auch das auf jene Verletzungen notwendig folgende natürliche Absterben — unter jener charakteristischen Färbung ins Braunschwarze.

Interesse hat die Erscheinung hier für uns aus dem Grunde, weil man dabei wiederum Pilzformen begegnet, deren Patho-

1) Verletzungen durch diese müssen zu einer reichlichen Spaltpilzentwicklung im Innern der Früchte führen, sofern sonstige Umstände (chemische Zusammensetzung des Saftes u. a.) es zulassen.

genität für Gewebsformen bestimmter Art aus dem Bisherigen bereits hinreichend hervorgeht. Es handelt sich auch hier vorzugsweise um zwei Arten, deren eine mit der Trauben-*Botrytis* identisch, während die andere das *Penicillium* des Kernobstes ist. Die Vegetation auf derartigen Schalen entspricht somit im einzelnen ganz der der noch zu erwähnenden Weinbeere. Gewöhnlich findet man beide Pilze nebeneinander: die *Botrytis* in grauen Rasen reichlich fruktifizierend, das *Penicillium* in grünen Polstern hier und da auf der Oberfläche oder an Wundstellen erscheinend.

Die Erscheinung sei auch darum hervorgehoben, weil sie zeigt, mit welcher Regelmässigkeit sich gewisse Früchte mit ganz bestimmten Pilzen besiedeln, somit nicht bloss eine einzelne vielleicht sehr verbreitete Art sich einfindet, sondern die Gesellschaft, in der sie auftritt, in der Regel von vornherein bestimmt ist. Es ist das die Erscheinung, wie wir sie in ausgesprochener Weise zuerst beim Kernobst und dann bei den genannten Südfrüchten antrafen, und der wir weiterhin auch bei der Traube begegnen werden. Trotz der geringen Formenzahl sind es immer wieder gleiche Genossen, die sich auf einem bestimmten Substrat einfinden, und trotz des mit Ausnahme der Apfelsine etc. nirgends fehlenden *Penicillium glaucum* ändert sich doch das Bild mit der Natur seines Begleiters.

6. Die Traubenfäule.

Reife Weinbeeren unterliegen der Fäulnis bekanntlich in ähnlicher Weise und mit gleichem Erfolge wie die übrigen Obstarten; die grünen Sorten bräunen sich dabei ähnlich der Apfelfrucht, während die farbigen — von der Rotfärbung des Saftes abgesehen [1]) — zunächst besondere Kennzeichen nicht aufweisen. Unbehinderte Verdunstung führt zu einem allmählichen unregelmässigen Zusammenschrumpfen des abgetöteten

1) Der zunächst die Beerenschale infizierende Pilz hat hier das Austreten des farbigen Saftes aus den absterbenden Zellen zur Folge, und dieser mischt sich beim Zerdrücken der Beere dem farblosen Saft der inneren Zellen bei.

Exemplars, während entgegengesetzten Falls eine bereits leichten Druckkräften nachgebende breiartige Masse resultiert, deren erhaltendes Moment hier wie auch früher im wesentlichen durch die derbere Schale gegeben ist. Die im Gefolge der Pilzinvasion auftretenden weitgehenden Lockerungen des Gewebsverbandes, vorzugsweise der inneren Partien, sind eine in allen Fällen gleichmässig wiederkehrende Erscheinung.

Gegenüber den bisher erörterten Fäulnisprozessen sind unsere Kenntnisse bezüglich der Traubenfäule wesentlich sichererer Art, denn dank einer neueren Untersuchung sind uns nicht allein die vorzugsweise in betracht kommenden Pilzformen, sondern auch die Art deren Wirkung auf die Zellsaftzusammensetzung genauer bekannt. Wenn der Vorgang trotzdem — und obschon mir neue Formen nicht zu Gesicht kamen — hier eine kurze Erörterung findet, so ist das im wesentlichen im Interesse eines Vergleichs mit den vorher genannten.

Nach Müller-Thurgau's[1]) Angabe wird die Fäule reifer Beeren vorzugsweise durch zwei Pilze veranlasst: *Botrytis cinerea* und *Penicillium glaucum*. Die hier auftretende *Botrytis* betrachtet derselbe also im Gegensatz zu älteren Autoren als identisch mit der auf toten und lebenden Pflanzenteilen jeglicher Art sehr gemeinen *B. cinerea* wie das als wahrscheinlich auch von Sorauer[2]) ausgesprochen wurde. Es bliebe uns hier also schliesslich nur eine nochmalige Konstatierung dieser Thatsache, sowie andererseits ein Vergleich des *Penicillium* mit den früher genannten Arten. Bezüglich des ersten Punktes habe ich gleichfalls greifbare Unterschiede der mir in reichlichen Mengen vorliegenden Beeren-*Botrytis* gegen die von erkrankten Topfpflanzen (Cyclamen, Primula sinensis) kultivierte Art nicht finden können; die von Thümen'schen[3]) Ausführungen bezüglich der besonderen Merkmale der *B. acinorum* Pers. sind als stichhaltig offenbar nicht anzusehen. Das *Penicillium* weiterhin stimmt ganz mit dem auf Kernobst sich findenden überein, ist also thatsächlich das gewöhnliche *P. glaucum*, wie das auch von Müller-Thurgau,

1) l. c. p. 127 und 144.
2) l. c. p. 299.
3) l. c. p. 6.

wenn auch ohne Hervorhebung der besonderen Merkmale, zutreffend angegeben wurde [1]).

Anderweitige Pilzarten habe ich auf dem untersuchten verschiedenartigen Material nicht gefunden, sodass wir also auch bei der Traube wieder gerade zwei verbreiteten Fäulnispilzen begegnen. Allerdings sind die beiden im einzelnen einander sehr ungleich.

Der häufigere von beiden ist unstreitig das *Penicillium* [2]); während *Botrytis* mehr gelegentlich und mehr abhängig von den besonderen Verhältnissen auf der Beere sich einfindet, ist jenes ein regelmässiger Bewohner reifer Trauben irgendwelcher Art und zwar offenbar, weil einmal diese Art überhaupt häufiger, und weiterhin, weil sie eigentlich stehend auf den absterbenden Stielteilen der Weintrauben anzutreffen ist. In vielen Fällen dürfte sich die Infektion gerade von dieser Seite aus vollziehen, zumal ihr durch die Gewebslockerungen an der Stielansatzstelle (wie sie späterhin fast regelmässig auftreten), wesentlicher Vorschub geleistet wird. Die beginnende *Penicillium*-Fäule macht sich durch helle Bräunung des Gewebes bemerkbar; die Hyphen durchsetzen das Innere alsbald nach allen Richtungen, und gewöhnlich kommt es wenigstens aut den toten gelbbraunen Früchten an mehr oder weniger zahlreichen Stellen zu einer ergiebigen Conidienbildung in Gestalt kleiner, rundlicher, anfangs lebhaft grüner Polster. Zur Hervorrufung derselben bedarf es nicht einmal einer feuchten Atmosphäre (feuchte Kammer), obschon im feuchten Raum die Erscheinung weit augenfälliger ist. Die Zahl der Polster auf der

---

1) Ich bemerke das in Hinblick auf den bekannten Umstand, dass das *P. glaucum* der Autoren keineswegs immer hinreichend sichergestellt ist, nicht selten sogar mikroskopische Merkmale ganz unberücksichtigt blieben.

2) Irgendwie verletzte Trauben (so durch Druck beispielsweise auf dem Transport) unterliegen durchweg der *Penicillium*-Fäule. Zunächst wird der Geschmack jedenfalls nicht wesentlich beeinträchtigt, was späterhin nach Müller-Thurgau der Fall sein soll, sodass durch Erzeugung bitter schmeckender Stoffe, insbesondere aber durch vorzugsweise Zerstörung des Zuckers der Most durch diesen Pilz verschlechtert wird. Gegenüber den „edelfaulen" (welche ärmer an Säure) sind die *Penicillium*-faulen („speckig-faulen" der Winzer) also von der Weinbereitung auszuschliessen. Der so bewirkte Schaden soll übrigens gelegentlich sehr beträchtlich sein. (Müller-Thurgau, l. c. p. 128.)

einzelnen Beere ist nicht selten — aber nicht bei allen Sorten — eine so beträchtliche, dass die Annahme von äusserlichen Verletzungen an derartigen Stellen kaum haltbar bleibt, und es mögen auch hier solche Momente, wie sie bereits früher angedeutet (natürliche Öffnungen u. a.), mit in betracht kommen. Auf Ähnliches wurde auch von Müller-Thurgau schon hingewiesen. Gelegentlich kann wohl auch so der Eintritt erfolgen, im allgemeinen setzen aber ganz intakte Beeren selbst der Infektion durch Bestreuen mit Conidien Schwierigkeiten in den Weg. Wenn die Fäulnis sich trotzdem nicht selten allmählich über die gesamte Traube erstreckt, wie das in abgeschlossenen Behältern gewöhnlich der Fall ist, so wird da vorzugsweise das bereits genannte Moment in Frage kommen [1]), denn regelmässig beobachtet man unter solchen Umständen auch eine reichliche Sporenbildung des Pilzes auf den Stengelteilen, deren abgestorbenes peripheres Gewebe hinreichend Gelegenheit zu einer andauernden Vegetation giebt.

Die durch die im ganzen seltener erscheinende *Botrytis* hervorgerufene Fäule [2]) unterscheidet sich anfangs in ihren

1) Sehr begünstigend dürfte hier noch die Erscheinung wirken, dass Temperaturwechsel (Wärme) bei den Beeren nicht selten das Austreten von Safttröpfchen aus der (gelockerten) Stielansatzstelle zur Folge hat; dadurch wird die Infektion in jedem Falle — auch wo Pilzbildungen auf den Stielteilen noch nicht vorhanden — ausserordentlich begünstigt. Die *Penicillium*-Fäule älterer Beeren geht thatsächlich oft von der Stielbasis aus.

2) Die Wertschätzung der *Botrytis* von seiten der Weinbergsbesitzer ist, wie auch schon von Thümen („Pilze des Weinstocks", p. 7) anführt, eine sehr verschiedene. Dass ihr eine Bedeutung nur für ganz bestimmte Fälle zukommt, legte Müller-Thurgau dann ausführlich dar. In vorteilhafter Weise beeinflusst der Pilz nur gewisse Beeren im Stadium der sogen. Edelreife, indem er zu einer Verminderung des Säuregehalts führt (und die Saftkonzentration durch Verdunstung begünstigt), den Zucker dagegen weniger angreift (gegenteilig wirkt *Penicillium*). Übrigens bewirkt er eine Änderung der chemischen Zusammensetzung des Saftes noch in der Richtung, dass die löslichen Eiweissstoffe vermindert werden, Moste aus edelfaulen Trauben somit langsamer vergären. Die veredelnde Einwirkung der Fäulnis steht aber sehr unter dem Einfluss der Witterung, ist weiterhin von der Traubensorte und der Lage abhängig etc., sodass sie Giltigkeit nur für enger begrenzte Fälle hat und bei weitem nicht allgemein besteht (l. c. p. 155 u. f.). Es ist auch nicht ohne Interesse, dass nach den Angaben Müller's ihre Wertschätzung noch relativ neueren Datums ist und mit einer veränderten Geschmacksrichtung in Zusammenhang steht, die um die Mitte des vorigen Jahrhunderts mit der heutigen noch nicht übereinstimmte (l. c. p. 154).

äusseren Merkmalen (von der dunkleren Färbung des Faulflecks abgesehen) kaum von der soeben genannten, wennschon mikroskopisch die Hyphen der beiden Pilze auf grund der sehr verschiedenen Dicke nicht verwechselt werden können. Späterhin bietet sie jedoch auch habituell insofern ein abweichendes Bild, als sie nunmehr zu einer reichlichen, zunächst grauen, weiterhin aber bräunlichen Schimmelvegetation zu führen pflegt, welche sich ziemlich gleichmässig über die gesamte Fruchtoberfläche ausbreitet, somit im allgemeinen nicht auf bestimmte Punkte lokalisiert ist. Das erfordert zum wenigsten ein Abheben bez. Durchbrechen der Cuticula, wofür in Hinblick auf die bekannte Eigentümlichkeit der Species, irgendwelche Zellwände ohne Umstände zu durchbrechen, auch keinerlei Schwierigkeit besteht. Trotzdem scheint allerdings die Art ihres Eintritts in die Beeren nicht gerade regelmässig eine derartige zu sein, denn mehrfach bieten diese der künstlichen Infektion durch Aussäen von Conidien selbst nach wiederholter Benetzung und im feuchten Raume Schwierigkeiten, und jedenfalls vollzog sich diese in einigen bezüglichen Versuchen mit derbschaligen italienischen Beeren ungemein langsam.

Es ist übrigens ja auch bekannt, dass der Pilz unter natürlichen Verhältnissen in der Regel nur einzelne Beeren der Traube befällt, und trotz reichlicher Sporenabschnürung nur in besonders feuchten Jahren merklich um sich greift, vorausgesetzt, dass seiner Ausbreitung nicht durch das Absterben der peripheren Schalen-Zellen edelreifer Trauben Vorschub geleistet wird. Irgendwelche Verletzungen werden naturgemäss in der gleichen Richtung wirken, im ganzen sind solche aber bei derartigen derbschaligen kleinen Früchten schon auf grund der geringeren Oberflächenentwicklung seltener als bei saftigen Organen wesentlich erheblicheren Durchmessers.

Anderweitige Fäulniserreger der Weinbeere von weiterer Bedeutung kommen offenbar kaum in betracht, und es sind die beiden genannten wohl fast in allen Fällen die Ursache, gleichgiltig, ob es sich um frische Trauben handelt, oder ob solche nach langer Aufbewahrung successiv der Pilzzersetzung unterliegen [1]). Wenn gelegentlich eine weitere Species noch

1) Auf den im Winter über im feuchten Raum gehaltenen grösseren Beerenmengen, die schliesslich dicht mit *Penicillium* durchsetzt waren,

hinzukommen mag, so ändert das übrigens an der Thatsache selbst nichts; es ist aber jedenfalls bezeichnend, dass, trotzdem Traubensaft an sich für sehr viele Formen ein günstiges Substrat ist, auf der Beere selbst immer nur jene beiden erscheinen — übrigens eine Thatsache, die nicht eigenartiger ist, als die ganz ähnlichen für die oben genannten Fruchtarten besprochenen, und somit nur ein weiteres Beispiel für diese Erscheinung von offenbar allgemeinerer Bedeutung abgiebt.

Im grossen und ganzen verläuft die Fäule dieser Frucht aber merklich langsamer — wie auch schon ihr Eintritt schwieriger erschien — und zumal gilt das wohl für ältere sich dem Rosinenstadium nähernde Beeren. In Hinsicht auf die geringe Grösse eines Exemplars erschiene das vielleicht auffallend, wenn nicht die sonstigen Unterschiede speciell gegen die Frucht des Kernobstes und der Apfelsine es wenigstens verständlich machten. Sehen wir auch von anatomischen Verhältnissen ab, so bleiben doch noch immer die merklich ins Gewicht fallenden der chemischen Zusammensetzung, und da dürfte in erster Linie wohl die Saftkonzentration (bei jüngeren Stadien vielleicht auch die Säure) eine Rolle spielen, wie wir ganz ähnlich bei der Apfelsine und insbesondere der Citrone auch zunächst die zucker- und säureärmere Fruchtschale der Pilzinvasion erliegen sahen. Möglicherweise kommt aber auch noch anderes dabei in Rechnung, dessen Erwägung ohne geeignete Versuche jedoch gegenstandslos erscheint, denn bezüglich der zwei soeben genannten Fruchtarten wissen wir ja nicht einmal sicher, welche Rolle die besonderen anatomischen Verhältnisse der reifen Schale für deren Befallenwerden spielen.

---

habe ich andere Formen nicht gefunden. Erst an einigen ganz eingetrockneten feucht gehaltenen Trauben traten *Cephalothecium roseum* und *Aspergillus glaucus* nachträglich auf. *Botrytis* breitet sich übrigens weit langsamer aus als *Penicillium* und wird bei künstlicher Versuchsanordnung (im Zimmer) nicht selten ganz von ihm überwuchert.

III.

Zusammenfassung und Theoretisches.

Es erübrigt eine kürzere Zusammenfassung des hier Mitgeteilten, welcher gleichzeitig eine entsprechende Diskussion sich anschliesst.

Die genannten fleischigen Fruchtarten, welche die Fäule in der bekannten charakteristischen Weise zeigen, sind zunächst offenbar nur als Vertreter der Früchte überhaupt aufzufassen; wenn wir hier also allgemein von der „Fruchtfäule" reden, so bezieht sich das — wie schon eingangs erwähnt — immer nur auf eine Reihe bestimmter Fälle, und wir sagen damit noch nichts über alle diejenigen Zersetzungserscheinungen aus, denen die grosse Zahl der mehr oder weniger ähnlichen Fruchtarten bald weichen, bald ausgesprochen harten Charakters unterliegt. Es ist möglich, dass hier teilweise dieselben Pilze in betracht kommen, und es wäre auch nicht ohne Interesse, solche Ermittlungen über einen grösseren Kreis auszudehnen. Wir haben an diesem Orte aber nur einige wirtschaftlich wichtigere und unter diesen speciell die sogen. „Obstarten" herausgegriffen, die jenem eigenartigen Zersetzungsprozess ziemlich regelmässig mit besonderer Vorliebe unterliegen.

Bezüglich dieser ergaben nun unsere Versuche, dass zunächst die nach vollendeter Reife eintretende Fäulnis im allgemeinen durch einige wenige Pilzarten hervorgerufen wird. Dieselben stellen sich mit grosser Regelmässigkeit längere oder kürzere Zeit vor dem unvermeidlichen definitiven Zerfall ein und kehren bei den unter gewöhnlichen Verhältnissen, also an freier Luft [1]) aufbewahrten Obstarten ziemlich

1) Unter anderen und zwar für die Frucht ungünstigeren Umständen, wie sie durch dauernde Berührung mit einer wasserdampf-

regelmässig wieder, sodass man wohl unter einigen neunzig von hundert Fällen ausschliesslich diesen begegnet. Für die behandelten Fälle haben wir die genannten Species als die exquisiten Fäulniserreger zu betrachten, und ich betone das insbesondere gegenüber den oben erwähnten älteren Angaben.

Im einzelnen bestehen jedoch manche Unterschiede sowohl betreffs der Häufigkeit der einzelnen Arten, als auch hinsichtlich der Natur der Früchte. Wir finden keineswegs jeden dieser Pilze in allen Fällen, sondern mehrfach besiedelt sich eine Fruchtart vorzugsweise mit ganz bestimmten.

Stellen wir die Resultate kurz zusammen, so ergiebt sich da folgendes:

Fruchtart	Fäulniserreger
Apfel, Birne, Mispel	*Penicillium glaucum*, *Mucor piriformis* (*„ stolonifer*)
Weintrauben	*Penicillium glaucum*, *Botrytis cinerea*
Apelsine, Citrone, Mandarine, Orange	*Penicillium italicum*, *„ olivaceum*
Zwetsche	*Mucor racemosus*, *Penicillium glaucum*
Kirsche	*„ glaucum*
Wallnuss	*Botrytis cinerea*, *Penicillium glaucum*

Und als die überhaupt in betracht kommenden Pilzformen erhalten wir also, angeordnet nach der Häufigkeit ihres Auftretens:

---

gesättigten Luft, feuchten Materialien irgend welcher Art etc. geschaffen werden, kann der Fäulnisprozess naturgemäss auch durch andere Formen eingeleitet werden oder der Zerfall unabhängig von Organismen (jedoch von solchen begleitet) erfolgen. Mit den eigentlichen Fruchtparasiten sind derartige jedoch nicht auf eine Stufe zu stellen.

Penicillium glaucum. auf Kernobst, Steinobst, Trauben, Wallnuss.
„ *italicum*. auf Südfrüchten.
Mucor piriformis. . auf Kernobst.
Botrytis cinerea . . auf Trauben und Wallnuss.
Penicillium olivaceum auf Südfrüchten.
Mucor racemosus. . auf Zwetschen.
(„ *stolonifer* . . auf Äpfeln.)

Mit der einen Ausnahme der *Botrytis* sind das somit ausschliesslich *Penicillium*- und *Mucor*-Species.

Der gemeinste von ihnen ist das bekannte *Penicillium glaucum* Lnk.; mit wenigen Ausnahmen (Apfelsinen und ähnliche Früchte) befällt es fast ohne Wahl sämtliche genannten Fruchtspecies, und es braucht hier wohl kaum noch einmal hervorgehoben zu werden, dass es eben stets die leicht erweisbare primäre Ursache der Zersetzung ist. Es macht aber schon diese Art merkbare Unterschiede bezüglich ihres Auftretens. Sehen wir davon ab, dass sie auf den ausländischen Früchten in der Regel überhaupt fehlt, so scheint sie doch auch die übrigen nicht gleichmässig zu besiedeln, denn ihr Lieblingssubstrat sind offenbar Äpfel und Trauben. Die Apfelfäule ist in den meisten Fällen eine *Penicillium*-Fäulnis; gerade diese ist es auch, welche sich durch ihren besonders schnellen Fortschritt auszeichnet und gleichsam charakterisiert. Immerhin stehen aber die einzelnen Sorten dieser Frucht einander mit Rücksicht auf die Infektionsgefahr bez. -schnelligkeit nicht ganz gleich, wie ja auch gelegentlich unstreitig noch andere Momente mehr individueller Art dabei in Frage kommen können. Es ist hinlänglich bekannt, dass nicht gerade jeder und auch nicht einmal jeder verletzte Apfel selbst unter sonst günstigen Bedingungen der Fäule anheimfällt.

Der zweite ebenfalls häufige Erreger ist *Mucor piriformis* Fisch. Er ist der erklärte Fäulnispilz der Birnfrüchte, mancher Apfelsorten und vielleicht auch der Mispel, im ganzen jedoch weniger verderblich auf Äpfeln, gänzlich fehlend auf Weinbeeren, Südfrüchten u. a. Nicht ohne Interesse ist es, zu sehen, wie dieser gerade die erstgenannte Frucht mit besonderer Vorliebe und ebensolchem Erfolge befällt, und hier in einer grossen Zahl der Fälle der eigentliche Fäulniserreger ist.

Inwieweit dabei die besondere „Sorte“ noch bestimmend wirkt, wollen wir einstweilen offen lassen; dass ein sehr erheblicher Einfluss — abgesehen von der physikalischen Natur — nicht existiert, scheint aus den verschiedenen Beobachtungen bereits hervorzugehen, womit ein solcher aber keineswegs ganz in Abrede gestellt werden soll.

Als dritte Form sehen wir jenes *Penicillium italicum,* welches ebenso gemein auf den genannten Südfrüchten wie das *P. glaucum* auf unseren einheimischen Kernobstarten erscheint, sodass man hinsichtlich des Effekts von einer „Vertretung“ reden könnte. Es ist das in gleichem Masse bemerkenswert, wie der — allerdings mit der weichen, fleischigen Fruchtschale in Verbindung stehende — ganz abweichende Habitus seiner Vegetation, die sowohl innerhalb wie auch oberflächlich sich ausbreitet und hier dem eigentlichen Bilde des „Verschimmelns“ entspricht. Die Art ist, wie auch das ähnliche *P. olivaceum*, nach dem Bisherigen zunächst streng an jene Fruchtarten (Apfelsinen, Citronen, Mandarinen) gebunden, wobei wir freilich dahingestellt sein lassen wollen, inwieweit sie unter abweichenden Umständen auch noch andere befallen kann.

Die zwei folgenden — *Mucor racemosus* und *Botrytis cinerea* — endlich erscheinen einstweilen gleichfalls mehr auf gewisse Fälle beschränkt; beide sind zwar ziemlich häufig, ersterer jedoch nicht in demselben Masse wie die soeben aufgeführten. Bezüglich der zweiten muss freilich insofern noch eine etwas abweichende Wertschätzung Platz greifen, als sie keineswegs ein strengerer Parasit reifer Früchte ist, also unter Umständen Organe jeglicher Art und auch recht verschiedenen Alters zum Substrat wählen kann. Ihre Aufzählung könnte an diesem Orte füglich ganz unterbleiben, wenn sie nicht eben mit Vorliebe die reife Traube befiele. Gewöhnlich findet sie sich zwar auf dieser, da aber u. a. auch die grüne Wallnussfrucht nachgewiesenermassen gern von ihr aufgesucht wird, so sind voraussichtlich auch gelegentlich andere Früchte — zumal an feuchten Orten — nicht ausgeschlossen [1]); es ist das Auftreten dann aber etwas ebensowenig für die Frucht- wie die

1) Wie das auch mit früheren oben citierten Beobachtungen übereinstimmt. Gleiches giebt Kirchner l. c. p. 439 an.

Pilzart Charakteristisches. Thatsächlich trifft man sie auf den meisten Obstsorten unter gewöhnlichen Verhältnissen im allgemeinen aber nicht primär an; sekundär wird sie vermöge ihres omnivoren Charakters zweifelsohne jederzeit hinzukommen können.

Mucor stolonifer und *Penicillium olivaceum* endlich kommen nur vereinzelt und untergeordnet in betracht; insbesondere das Auftreten des ersteren ist, wie es scheint, mehr zufällig. —

Eine engere Beziehung zwischen gewissen Pilz- und Fruchtarten ist hiernach jedenfalls für mehrere Fälle sicher nachzuweisen, und diese Thatsache bedarf noch einer kurzen Erörterung. Ebenso ist noch eine Diskussion am Platze, die sich mit jenem für die Fäule ausschlaggebenden Moment — der Fruchtreife — beschäftigt, denn die zur Zeit der Erscheinung meist gegebene Deutung dürfte nicht für jeden ohne weiteres annehmbar sein; jedenfalls erwägt sie aber von mehreren vielleicht in betracht kommenden Punkten nur einen einzigen (die „Altersschwäche" der Zellen). Zuvor seien hier jedoch die allgemeinen Bedingungen gestreift, welche für das Eintreten von derartigen Fäulnisprozessen überhaupt zu fordern sind, und jedenfalls bis zu einem gewissen Grade auch da, wo es sich um die hier genannten, in gewisser Beziehung eine Sonderstellung einnehmenden Organismen handelt [1]), realisiert sein müssen.

Für alle Fälle, wo den Pilzfäden die Fähigkeit abgeht, Cellulosewände mit Einschluss der Cuticula und etwaiger Wachsschichten ohne weiteres zu durchbohren — und vorzugsweise intercellulare Vegetation finden wir selbst bei *Botrytis* — muss zunächst durch periphere, in das Intercellularsystem

---

1) Eingangs wurde bereits hervorgehoben, dass wir uns hier nur mit den gemeinhin und unter den durch die natürlichen Verhältnisse gebotenen Bedingungen auftretenden Fäulnisvorgängen beschäftigen. Wie Pflanzenteile überhaupt, so geht auch jede Frucht beispielsweise durch andauernd einwirkende Nässe alsbald in Zersetzung über, weil hier schon die Umstände an sich zu einem Absterben der Zellen führen. Derartige naturgemäss von Pilzvegetationen begleitete Erscheinungen kommen hier also nicht in betracht, und möchte ich bezüglich dieses schon wiederholt hervorgehobenen Punktes nicht missverstanden werden.

führende Öffnungen die Vorbedingung des Eintritts gegeben werden; in nicht wenigen Fällen sind dies Verletzungen oder geringfügigere Beschädigungen, in anderen Fällen wohl auch Orte, die an sich schon den Eintritt ermöglichen (Ansatzstelle des Stieles, wo es leicht zu Verbandslockerungen kommt, Kelchhöhle); schliesslich könnten gelegentlich die gleichen Dienste auch natürliche Öffnungen der Oberhaut (Spaltöffnungen, Wasserporen, Korkwarzen) leisten. Das erstere ist jedenfalls der häufigere Fall, das letztere bisher im einzelnen noch nicht näher gezeigt und auch nicht ganz leicht zu erweisen. Wie die in das Gewebe eingetretene Hyphe für eine günstige Vegetation und erfolgreiche Wirksamkeit nun aber das Gegebensein hinreichender Feuchtigkeit beansprucht, so bildet diese auch bereits einen guten Teil der Vorbedingung des Eintritts, das heisst, ohne eine gewisse Luftfeuchtigkeit vermag der Pilzfaden auf der Oberfläche der Frucht überhaupt nicht zur Entwicklung zu kommen. Unsere hier in Frage stehenden Pilze sind in besonders ausgesprochener Weise[1]) Bewohner relativ feuchter Orte und deren Hyphen auf grund ihrer Empfindlichkeit gegen Trockenheit nur an derartigen Lokalitäten überhaupt vegetationsfähig. In der Regel wird also der Fäulnisprozess wohl durch Umstände eingeleitet, welche an irgend einer Stelle der Fruchtperipherie zu einem Stagnieren des Transpirationswassers führen und derartiges findet sich gewöhnlich selbst beim Aufbewahren an freier Luft realisiert (Berührungsflächen, „Schwitzen" bei Temperaturwechsel), hat dagegen bei unrationellem Aufbewahren jederzeit und in der Regel mit bestem Erfolge statt. Dazu muss freilich noch ein Zweites kommen.

Die etwaigenfalls zunächst oberflächlich vegetierende Hyphe bedarf naturgemäss einer entsprechenden Ernährung; dafür sind die Bedingungen auf der glatten nährstoffarmen Oberfläche wenig günstig, sodass zumal junge Keimschläuche selbst bei Gegebensein hinreichender Feuchtigkeit wenig gefährlich erscheinen und alsbald ihre Weiterentwicklung einstellen, sofern sie nicht zufällig an einer Stelle liegen, die ihnen den so-

1) Es gilt das zwar für viele, aber keineswegs für alle derartigen Mycelpilze; so liebt *Aspergillus glaucus* beispielsweise ein trockenes, dürres Substrat.

fortigen Eintritt gestattet (natürliche Öffnungen). Anders ist es jedoch, wenn abgestorbene Wirtszellen gleichzeitig die notwendigen Nährstoffe liefern (Verwundungen), denn nun ist ein ergiebiges vegetatives Wachstum die notwendige Folge, sodass bei gleichzeitiger Kommunikation mit den Intercellularräumen der Schale die Möglichkeit des Eintritts zahlreicher Hyphen ohne weiteres gegeben ist. Aber ohne hinreichende Luftfeuchtigkeit ist auch die Verwundung oft erfolglos, wennschon jene durch die stärkere Transpiration der verletzten Stelle immerhin wesentlich begünstigt wird. Diese der täglichen Erfahrung entsprechende Thatsache lässt sich auch experimentell für alle genannten Früchte unschwer darthun, denn schon ein Eintrocknen der Schale an freier Luft (so insbesondere bei der Apfelsine und dem Apfel) genügt, die Infektion einzuengen oder selbst ganz zu verhindern, während demgegenüber im feuchten Raum (bedeckten Bechergläsern) ein ungemein schnelles Umsichgreifen stattfindet. Reichlicherer Wassergehalt der Atmosphäre (für den Eintritt) sowie der infizierten Zelllagen (für den Fortgang der Fäulnis) ist also ein sehr wesentliches Moment [1]), und auch da, wo unter ziemlich normalen Verhältnissen der Aussenwelt der Vorgang sich abspielt, hat wohl zu irgend einer Zeit der erste dieser beiden Punkte bis zu einem gewissen Grade mitgewirkt, sofern nicht direkt Wassertröpfchen der oberflächlichen Pilzentwicklung Vorschub leisteten. Saftreiche Sorten (Grafensteiner, gewisse Birnsorten) unterliegen im allgemeinen auch der intensivsten Fäule.

Neben einer gewissen Temperatur kommt für Eintritt und Fortgang des Vorgangs dann noch das Substrat selbst in Frage, da es offenbar gewisse ziemlich selbstverständliche Bedingungen erfüllen muss; neben jenem Wasserreichtum muss es eine geeignete Nahrung bieten und im allgemeinen der Forderung auf eine mangelnde relative Festigkeit gerecht werden. Derbe, lückenlos fest verbundene Zellen sind bei dem ganz vorzugsweise intercellularen Wachstum der Hyphen als der Infektion störend entgegenwirkend ausgeschlossen und a priori erscheint ein weiches luftgefülltes saftreiches Gewebe den günstigsten Fall zu bieten. Thatsächlich finden wir das denn auch durchweg in reifen Früchten reali-

1) Im übrigen aber nicht gerade so ganz selbstverständlich.

siert. Gleichzeitig hat hier der Fruchtsaft im allgemeinen eine Zusammensetzung, wie sie für die Vegetation von derartigen Mycelpilzen notorisch günstig ist.

Setzen wir einmal alle diese Bedingungen als gegeben, so ist damit aber die eigentliche Ursache der Fäulnis noch nicht berührt. Sie muss nach allem in einer besonderen Natur jener Pilze begründet sein, denn andernfalls bliebe es unerklärt, weshalb gerade die hier genannten Formen (und nicht auch viele andere) immer wieder den Prozess hervorrufen. Es ist eine ganze Reihe von auf toten Früchten oder Fruchtsäften lebenden Saprophyten bekannt, ohne dass solche bisher als thätig bei dem Absterben gesunder Früchte beobachtet wurden.

Die von uns ermittelten bez. aufgezählten Pilze müssen somit einmal auf derartigen Substraten einen ihren Ansprüchen entsprechenden sehr geeigneten Entwicklungsboden finden und andererseits von einer ausgesprochen pathogenen Wirkung sein, denn andernfalls würden sie in den Früchten vegetieren, ohne diese selbst merklich zu beeinflussen. Der Fäulnisprozess ist aber in seinem Wesen ein eminent schnell fortschreitender Absterbevorgang grossen Umfanges, und sein eigentliches Rätsel liegt eben in der eigenartigen Wirkung der in Frage stehenden Pilzformen. Hier ist offenbar der Schwerpunkt der ganzen Frage, denn ohne Organismen, die durch einen sehr nachteiligen Einfluss auf lebende Zellen ausgezeichnet sind, kann die Erscheinung nicht zustande kommen.

Die Fäule ist also abhängig von der besonderen Natur des Pilzes wird aber beeinflusst von einer Reihe verschiedenartiger Bedingungen. Dahin gehört der eigenartige Charakter der reifen Frucht (in noch zu erörternder verschiedenartiger Beziehung), sowie das Realisiertsein gewisser Nebenumstände (relative Luftfeuchtigkeit, oberflächliche Wasseransammlung, Eintrittspforten für die Hyphen). Vorbedingung sind letztere immer für den sich spontan vollziehenden Prozess, während es bei künstlicher Versuchsanordnung stets gelingt, die Erscheinung durch Einimpfen von Sporen direkt hervorzurufen [1]). Es ist das experimentell leicht festzustellen

1) So z. B. sehr erfolgreich durch Einbringen von *Penicillium*-Sporen

und ich will damit andeuten, dass es für unsere Fälle also keiner saprophytischen Anzucht des Mycels bedarf, wie das von de Bary [1]) gegenüber Frank für einige Fälle (*Botrytis*) angegeben wurde.

Wenn wir freilich versuchen, die in letzter Linie ausschlaggebende Ursache der verderblichen Wirkung näher ins Auge zu fassen, so lässt sich da kaum Sicheres sagen, und wir sind hier nicht besser daran, wie in manchen analogen Fällen, wo die Natur pathogener Einflüsse noch kontrovers oder auch ganz dunkel ist. Allerdings könnte man immerhin auf gewisse gifterzeugende Spaltpilze hinweisen, aber damit würde doch nur ein ganz specieller Fall in den Vordergrund gerückt, für dessen Bestehen auch hier noch keinerlei Beweis vorliegt. Trotzdem ergiebt eine Diskussion der in betracht kommenden Möglichkeiten für ihn immerhin noch eine gewisse Wahrscheinlichkeit, wennschon nachteilige Fernwirkungen von einer Zelle zur anderen keineswegs notwendig durch specifische Giftstoffe ausgeübt werden müssen, selbst wo ihnen faktisch ponderable Körper zu Grunde liegen.

Ganz allgemein ausgesprochen, erfahren die innerhalb der Frucht bestehenden Verhältnisse durch die Vegetation der Pilzhyphen eine Änderung, und zwar sichtlich in der Richtung, dass diese nunmehr ungünstiger werden, denn Folge dieser ist eben das baldige Absterben der Fruchtzellen. Diese veränderten Verhältnisse können wir uns nun aber in recht mannigfacher Weise denken. Abgesehen davon, dass schon ein mechanischer Reiz gegeben, findet zunächst eine Fortnahme von Stoffen verschiedener Art (Sauerstoff- und Nährstoff-Verbrauch) statt, die zu einer besonderen Verschiebung der Zusammensetzung des Zellsaftes, Reaktionsänderung etc. führen kann, und schliesslich giebt die Pilzzelle auch eine Reihe von Stoffen andauernd ab. Diese können sowohl normale Produkte des gewöhnlichen Stoffwechsels jeder anderen Zelle sein (selbst Atmungsprodukte), die vielleicht in diesem Falle nur in besonderer Quantität erzeugt werden, als auch solche von besonderer Natur, welche, um jene Wirkung zu erklären, im

---

unter die Schale des Apfels (nach Einschnitt mittelst feinen Messers) oder auf Schnittstellen bei der Apfelsine und Citrone.

1) Vergl. „Morphologie und Biologie der Pilze". 1886. p. 410.

allgemeinen nur der Forderung entsprechen müssen, dass sie nachteilig auf die Gewebszellen wirken. Endgiltig können das natürlich specifische Giftstoffe eiweissartigen oder sonstigen Charakters, die allgemeiner auf Zellen höherer Organismen von schädigendem Einfluss sind, sein, ebensogut können es aber solche sein, die nur für den besonderen Fall diese Eigentümlichkeit haben, unter anderen Verhältnissen oder auf andere als die Zellen der gerade vorliegenden specifischen Frucht also ohne irgend welchen Nachteil sind.

Solange wir aber über den Stoffwechsel dieser Pilze nähere Kenntnis nicht haben — denn selbst das gemeine *Penicillium glaucum* ist chemisch-physiologisch nur dürftig bekannt [1]) — lässt sich bezüglich des Näheren der Art ihrer Wirkung auf die lebende Frucht nichts Sicheres angeben. In irgend etwas müssen sie sich allerdings — und zwar zunächst nur für die bestimmten Fälle — von den übrigen streng saprophytischen Formen unterscheiden, dabei ist jedoch zu bedenken, dass hier ebensowohl die besondere Zusammensetzung und Empfindlichkeit der Frucht wie der Pilz selbst in Frage kommt. Bei der Erzeugung etwaiger nachteilig wirkender Produkte — denn vermutlich dürfen wir den Einfluss als chemischer Art betrachten — früge sich also noch, ob solche gerade dem Stoffwechsel der Pilzspecies eigentümlich oder nicht vielmehr durch die besondere Qualität des Fruchtsaftes mitbedingt sind, denn schon die Thatsachen weisen auf ein Mitinfragekommen des Wirtes hin. Auf jeden Fall muss dieser immerhin in seiner Zusammensetzung durch die Pilzvegetation verändert werden, und es bleibt noch dahingestellt, ob nicht die blosse Art dieser zur Erklärung jener Erscheinung ausreichte. Sie könnte dann möglicherweise selbst durch irgendwelche andere Formen mit gleichem Erfolge erzielt werden, und wenn dieselben trotzdem hier nicht in Wirkung treten, so käme vorerst noch in Erwägung, ob das nicht durch andere Momente besonderer Art, vielleicht durch abweichende Ansprüche an die Lebensbedingungen, mindere Wachstumsintensität oder Widerstandsfähigkeit unter derartigen Umständen und selbst durch

---

1) Das gilt überhaupt für die meisten Mycelpilze bezüglich der Stoffwechselprodukte und deren Beeinflussung durch die Ernährungsbedingungen (mit Ausnahme der Alkohol- und Säurebildner).

anatomische Verhältnisse der Frucht bedingt sein könnte. A priori dürfen wir es wohl als gewiss nehmen, dass nicht gerade jeder Pilz unter solchen Bedingungen im Innern geschlossener Früchte zu einer ergiebigen Vegetation von dem Umfange, wie wir ihn hier beobachten, gelangt. Die an derartige Pilzformen zu stellenden Forderungen sind somit mannigfacher Art und beschränken sich nicht einzig auf das Verlangen einer ihnen innewohnenden nachteiligen Wirkung, wennschon diese immerhin Vorbedingung und eigentliche Veranlassung der Fäulniserscheinung selbst ist.

Auf der anderen Seite liefert ihnen aber diese — also der unter reichlichem Saftaustritt stattfindende Zerfall des Gewebes — erst die vorteilhaftesten Vegetationsbedingungen; es resultieren diese somit erst als Folgeerscheinung, und wir dürfen wohl davon absehen, von vornherein die besondere Zusammensetzung des Substrats als für das Auftreten dieser Formen allein entscheidend zu betrachten, so sehr es auch hinterher in die Wagschale fallen mag. —

Aus unseren Ermittlungen ergab sich, dass *Penicillium glaucum* so gut wie alle einheimischen Früchte befällt und merkliche Unterschiede kaum macht; diese Thatsache ist immerhin von einigem Interesse und zeigt, in welch' hervorragendem Maasse dieser gemeine Pilz auch lebende Materie zu vernichten vermag. Es wäre wohl dankbar, der eigentlichen Ursache dieser ausgesprochenen Pathogenität näher nachzuforschen, denn vielleicht kommt dabei nicht allein seine hervorragende Wachstumsintensität und geringe Empfindlichkeit gegen störende Einflüsse in Frage. Aber schon bei ihm beobachtet man die Erscheinung des regelmässigen Fernbleibens von gewissen Fruchtarten, als welche sich die genannten Südfrüchte darstellten. Es haben diese auch in unserem Klima so gut wie regelmässig ihre ihnen speciell eigentümlichen, zum Teil vielleicht miteingeführten Fäulniserreger, die sich gleichfalls als *Penicillien* erwiesen.

Weiterhin siedelt sich *Mucor piriformis* fast ausnahmslos auf unserem Kernobst an und *Botrytis* bevorzugt offenbar die Traube.

Aus diesen Thatsachen ergiebt sich hinlänglich das Unzulässige des „Über-einen-Kamm-scheren" der Fäulnisprozesse, denn wir beobachten in Wirklichkeit hier dieselben Differenzen, wie

sie bei einer ganzen Reihe echter Parasiten bekannt sind, indem der Erreger hier bald auf naheverwandte Species derselben Gattung beschränkt ist, bald dagegen Wirtspflanzen aus weit voneinander stehenden Gattungen fast wahllos befällt.

Von Davaine wurde diese Erscheinung offenbar zum guten Teil deshalb übersehen, weil er die Penicillien für identisch nahm; auch Brefeld, dessen Resultate bezüglich der wirkenden Pilze allerdings sehr schwer verständlich sind, thut derselben nicht Erwähnung, wenngleich sie bei normalem Untersuchungsmaterial doch in ausgesprochener Weise bestehen [1]).

Bei einem Versuche, sie zu deuten, stossen wir offenbar auf die gleichen Schwierigkeiten, wie sie oben bei Erklärung der Thatsache, dass gerade bestimmten Pilzen ausgesprochen pathogener Charakter zukommt, bestanden, denn im Prinzip ist die Frage von dieser kaum verschieden. Dort mussten wir den Pilzen der Fruchtfäule insgesamt eine verderbliche Wirkung zuerkennen, und hier schränken wir dieselbe für den einzelnen auf bestimmte Fälle ein, dergestalt, dass sie also beispielsweise bei *Mucor piriformis* im allgemeinen nur für Kernobst, bei *Penicillium italicum* nur für jene apfelsinenartigen Früchte besteht. Ihren tieferen Grund hat sie voraussichtlich in dem Charakter des Pilzes wie auch dem der Frucht, denn bei ausschliesslicher Bestimmung des ersteren käme die Erscheinung überall nicht zustande, und wäre dieselbe Fruchtart allgemein gegen Pilzinvasionen sehr empfindlich, so würden wir gleichzeitig jeder beliebigen anderen Form hier begegnen. Das lehnt wieder vollständig an längst Bekanntes an und die Prädisposition saftiger Birnsorten für die *Mucor*-Fäule, wie die der Apfelsine für jene durch *Penicillium italicum* bewirkte Zersetzung ist in ihrem Wesen keine andere Erscheinung, wie wir

---

1) Angeschnittene Früchte verschiedener Art, partiell entschälte Citronen, Apfelsinen, krankhafte Mandarinen, Orangen etc., deren oberflächliche Zelllagen teilweise schon abgestorben und reichlich mit verschiedenen Pilzkeimen besetzt sind, bedecken sich im feuchten Raum mit einer sehr mannigfachen Vegetation (*P. glaucum*, *P. luteum*, *Mucor stolonifer*, *Botrytis cinerea*, *Cephalothecium roseum*, *Mucor piriformis*, *Citromyces Pfefferianus* u. a.), die für uns aber natürlich nicht in betracht kommt, selbst wo sie unter derartigen Verhältnissen zu Fäulnisprozessen führen könnte.

ihr beim Befallen der Kartoffel durch *Phythophthora* oder bei jenem des Getreides und verwandter Gramineen durch *Claviceps*, bestimmte *Ustilagineen* oder *Uredineen* begegnen. Pathogen wirken Parasiten unter übrigens günstigen Verhältnissen im allgemeinen nur für ganz bestimmte Fälle, und nie ist jener ihr Charakter ein unbedingter, bewegt sich im übrigen zwischen sehr verschiedenen Grenzen; auch wo wir hier einstweilen noch vor einem recht dunklen Gebiete stehen, kann es doch nicht auffallen, dass beispielsweise *Penicillium italicum* die Apfelsinenfrucht bevorzugt, während das ihm ganz nahestehende *P. glaucum* mit Ausnahme jener eine Auswahl kaum zu treffen scheint und systematisch ganz fernstehenden Fruchtarten verderblich wird.

Man muss also diese Erscheinung der Besiedelung gewisser Früchte mit bestimmten Pilzarten bez. die Wechselbeziehung zwischen Pilz und Frucht wiederum zum guten Teil in der unter solchen Verhältnissen zustande kommenden besonderen Wirkung begründet sehen und darf wohl etwaigen anderen Erklärungsmöglichkeiten minderes Gewicht beilegen. Jedenfalls ist diese das Ausschlaggebende und wenn eine gewisse Pilzform auf der verletzten Oberfläche einer Frucht trotz unstreitig bestehender Konkurrenz zur vorherrschenden oder alleinigen Entwicklung gelangt, so kann sie das nur vermöge ihrer in diesem Falle besonders nachteiligen Wirkung[1]), ohne die ihr offenbar weder eine besondere Wachstumsintensität noch die geeignetste Substratzusammensetzung von irgend welchem Nutzen wäre. Dass für diese Wirkung selbst der besondere Charakter der Frucht (in chemischer und physiologischer Beziehung) mit entscheidend sein muss, wurde schon angedeutet, ich glaube aber nicht, dass allein die blosse chemische Zusammensetzung des Saftes (derzufolge er hier ein besseres Substrat wäre) oder anatomische Verhältnisse für die Erklärung jener Erscheinung allein verwertet werden können. Vorbedingung ist allerdings, dass auch das Substrat (bezüglich seines Gehalts an gewissen Stoffen oder der Abwesenheit anderer) den Ansprüchen des eindringenden Pilzes genügt, und man

1) Damit soll also nicht ausgeschlossen sein, dass auch noch andere pathogen wirken können; für diese liegen aber die Verhältnisse nicht im selben Maasse günstig.

könnte da vielleicht annehmen, dass *Mucor* beispielsweise das Kernobst auf grund irgend welcher besonderer Stoffe bevorzuge, also gerade dieserhalb zu einer ergiebigen Vegetation — deren notwendige Folge das Absterben sei — gelange. Hier stösst man indes auf manche Schwierigkeiten und nicht die kleinste von ihnen ist, dass die einzelnen Pilze (nebst sehr vielen anderen) unschwer auf dem (toten) Safte der verschiedenen Früchte zu kultivieren sind, solcher ihnen also wohl durchweg zusagen muss[1]). Übrigens beschränken wir uns auch auf die Annahme, dass die genannten Pilze für ihre besonderen Substrate nur von hervorragend nachteiligem Einfluss sind — man könnte hier wohl von einem besonderen „Angepasstsein" reden, ein Ausdruck, den ich aber vermeiden möchte — es somit nicht ganz ausgeschlossen ist, dass hier unter gewissen Umständen gelegentlich auch noch andere Formen Zersetzungserscheinungen hervorrufen können.

Ein besonderes Betonen physikalischer Momente (Wassergehalt, Festigkeit) für den wechselnden Erfolg der Infektion wird übrigens schon durch die Thatsachen selbst widerlegt, und ich glaube darauf nicht näher eingehen zu sollen; *Penicillium glaucum* durchwächst die relativ harte Winterbirne mit ähnlicher Leichtigkeit wie die weiche Weinbeere, übergeht aber im allgemeinen die ebensolche Apfelsine und es wäre dann nicht einzusehen, weshalb der relativ harte Früchte bewohnende *Mucor* von den saftigen Früchten der beiden letzten Kategorien ausgeschlossen ist. Diese Thatsache kann kaum anders als durch eine diesen Fruchtarten abgehende specifische Prädisposition für die Wirkung gerade dieses Pilzes, die ihrerseits in Besonderheiten des Stoffwechsels beider Formen ihren letzten Grund hat, erklärt werden.

Wir gehen jetzt einen Schritt weiter. Im Bisherigen haben wir uns mit der Ursache der Pathogenität unserer Pilze sowie deren gelegentlichem Bestehen nur für bestimmte Fälle beschäftigt. Voraussetzung war für uns immer die reife,

---

1) So gedeihen also auch *Mucor piriformis* und *Penicillium glaucum* auf entschälten Citronen und treten gelegentlich üppig auf deren totem Rindengewebe (im feuchten Raum) auf.

durch jene Wirkung in Fäulnis übergehende Frucht. Da ergiebt sich nun vor allem die sehr wesentliche Frage nach dem Verhalten gegen unreife Früchte oder ganz allgemein gegen Organe anderer Qualität, die vielleicht bezüglich ihrer Beschaffenheit einen näheren Vergleich mit jenen zulassen. Beide Punkte sind bereits von früheren Autoren erörtert worden und hinsichtlich des erstgenannten ist es ziemlich bekannt, dass im wesentlichen der vorgeschrittene Reifezustand Vorbedingung der Fäulnis ist [1]).

Der andere Punkt wurde bisher nur von Davaine näher berührt und von ihm in dem Sinne entschieden, dass die fraglichen Pilze nicht als ausschliessliche Fruchtparasiten zu betrachten sind. Nach Angabe entwickelten sich die Sporen des *Mucor* sowie die von *Penicillium* ebenfalls in den damit geimpften Blättern von Sempervivum, Stapelia und anderer dickblättriger Pflanzen [2]), indem sie hier die gleichen Erscheinungen der Fäulnis hervorriefen. Allerdings gelang der Versuch nicht stets in der beabsichtigten Weise, trotzdem ist aber die Thatsache immerhin von einem gewissen Interesse, da sie zu zeigen scheint, dass für unsere Pilze nicht gerade der Charakter des Substrats als Frucht, sondern gegebenenfalls neben specifischen Besonderheiten auch die physikalische (bez. anatomische oder chemische) Natur desselben in Frage kommt. Der durch sie eingeleitete Fäulnisprozess setzt ein succulentes wasserreiches Gewebe voraus und kann jedenfalls nur unter solchen Bedingungen in seiner auffälligen charakteristischen Weise zu Tage treten. In diesem Momente finden gerade seine Erreger wieder einen ihre Vegetation ausserordentlich begünstigenden Umstand, sodass ihre Wirksamkeit dieserhalb in sehr beschleunigter Weise verläuft; der reichlich vorhandene alsbald die Intercellularen durchtränkende Zellsaft (welcher in solcher Masse austritt, dass er bei behinderter Verdunstung den Boden der Gefässe als ansehnliche Flüssigkeitsschicht bedeckt) bietet ihnen

---

1) Von der eine Sonderstellung einnehmenden *Botrytis* ist weiterhin im ganzen abzusehen.

2) Die Wiederholung derartiger Versuche erwiese sich jedenfalls als dankbar, zumal schon um diese weiterer Bestätigung bedürftigen Resultate sicherer zu stützen. Davaine behandelt dieselben ziemlich kurz. — Praktische Bedeutung scheinen diese Thatsachen aber kaum zu haben, vorausgesetzt, dass sie bisher nicht übersehen wurden.

neben der notwendigen Feuchtigkeit geeignete und reichliche Nährstoffe, und es ist wohl zu verstehen, dass die Zersetzungserscheinungen wasserärmerer, derberer, weniger succulenter Gewebe ein habituell wie floristisch abweichendes Bild darbieten.

Es scheinen also wenigstens einige unserer Pilze — und zwar gerade die häufigsten — bezüglich ihrer parasitischen Wirkung nicht eben auf Früchte beschränkt zu sein; das geht übrigens auch weiterhin aus anderen Beobachtungen, denen zufolge *Penicillium* gleichfalls bei der Zwiebelerkrankung von Tulpen, Scilla, Crocus [1]), sowie der Ringelkrankheit der Hyacynthen [2]) eine Rolle zu spielen scheint, hervor. Inwieweit die noch genauerer Untersuchung bedürftige Erscheinung von allgemeinerer Bedeutung, bliebe allerdings festzustellen, doch sei hier schon darauf hingewiesen, dass sie hinsichtlich der für die Fruchtfäule gegebenen Erklärungsversuche nicht ohne einiges Interesse ist. Übrigens gab auch Sorauer [3]) an, dass *Penicillium* mit Erfolg auf fleischige Stengelteile (Tulpen) verimpfbar ist.

Es erübrigt nunmehr noch eine Erwägung der Frage, weshalb die Disposition unserer Früchte für jene Fäulnisprozesse an ein gewisses Entwicklungsstadium und zwar im allgemeinen an den Reifezustand gebunden. Vorab sei da bemerkt, dass genauere Ermittlungen, von welchem Zeitpunkte ab die Organe fäulnisfähig sind, nicht vorliegen [4]), und im ganzen nur die tägliche Erfahrung uns lehrt, dass mit Vorliebe ältere ausgereifte Früchte von Pilzen besiedelt werden. Das könnte nun aber schon eine blosse Folge der offenbar mit zunehmendem Alter wachsenden Wahrscheinlichkeit

---

1) Frank, in Leunis-Frank, „Synopsis". II. Bd. (3. Aufl. 1886). p. 446.

2) Sorauer, „Pflanzenkrankheiten" p. 101 und „Schäden der Kulturpflanzen" p. 229. — Tubeuf führt ähnliche Erkrankungen nur bei den phytopathogenen Bakterien auf. l. c. p. 555.

3) l. c. p. 229.

4) Erst dadurch würde eine sichere Basis zur Entscheidung der Frage, welche Umstände denn das Faulen begünstigen, gewonnen. Von welchem Zeitpunkte ab die Autoren eine Frucht als „reif" betrachteten, wird nicht angegeben. Derselbe dürfte, je nachdem auf welches Moment Gewicht gelegt wird, schwanken (Samenreife, Zuckermaximum, Färbung, Luftgehalt u. a.) und bisweilen auch „Geschmackssache" sein.

für eine Infektion sein, denn offenbar vermehrt sich mit der Zeit sowohl die Zahl der oberflächlich sich ansammelnden Pilzkeime, wie auch die mehr oder weniger ungünstigen Bedingungen (Feuchtigkeit an der Oberfläche wie in der Atmosphäre, wirkliche Beschädigungen u. a.) öfter und wiederholt wiederkehren. Daraus allein ist also kein Schluss zu ziehen und dementsprechend giebt auch Davaine bereits an, dass noch weiter von der Reife entfernte Früchte — Angabe der Species als nicht unwesentlich mangelt jedoch — schon fäulnisfähig sein sollen. Für gewisse Fälle (*Botrytis*) ist übrigens auch bekannt, dass die allgemeinen (äusseren) Bedingungen hier wesentlich mit in betracht kommen und bevor man weitere Schlüsse zöge, wären vielleicht die Thatsachen selbst noch etwas eingehender zu studieren.

Einstweilen lassen wir das für mehrere Fälle und auch wohl im allgemeinen jedenfalls wahrscheinliche Faktum aber gelten (für Apfelsinen wurde es oben dargethan) und versuchen unter der Voraussetzung seiner unbedingten Richtigkeit eine Deutung.

Mit Ausnahme des erstgenannten Autors — welcher sich auf eine kurze Betonung der allgemeineren Eigenschaften hinsichtlich Härte, Zucker- und Säuregehalt für die Fäulnisfähigkeit überhaupt beschränkte — hat man die Erscheinung bis heute eigentlich immer wieder und ausschliesslich mit dem Älter- und Schwächerwerden der Fruchtzellen in Zusammenhang gebracht, denn diese Erklärung treffen wir bei Brefeld, wie de Bary und auch Tubeuf schliesst sich ihr neuerdings noch an. Die genannten Pilze sollen unter solchen Umständen die Fähigkeit des (fakultativen) Parasitismus erlangen und die sich der unteren Grenze ihrer Lebensfähigkeit nähernden Fruchtzellen abtöten.

Die Deutung erscheint zwar plausibel, ist bei genauerer Erwägung alles dessen, was hier thatsächlich in betracht kommen kann, aber wohl etwas anfechtbar, denn die Erscheinung selbst ist vor allem keineswegs eindeutig. Wenn man die Annahme macht, dass ältere Zellen bez. solche deren Lebensfähigkeit bez. -thätigkeit sich ihrem Ende nähert (oder besser gesagt, im Abwärtsgehen begriffen ist), gegen parasitische Einflüsse empfindlicher sind, so mag das — obschon es freilich unerklärt lässt, weshalb dann nicht auch anderweitige

ältere Organe derselben Wirte nicht gelegentlich von den gleichen Pilzen befallen werden — im allgemeinen wohl zutreffen; da aber in vielen Fällen notorisch gerade jugendliche Zellen gleichfalls sehr empfindlich sind, so könnte man wohl in Hinblick hierauf auch eine Erklärung dafür erwarten, weshalb denn nun gerade die jugendlichen Frucht- oder Fruchtknotenzellen für unseren Fall widerstandsfähiger sein sollen. Ich meine also, dass man sich in blossen Annahmen bewegt, und über beides erst entschieden werden kann, nachdem es — was bisher aussteht — darauf geprüft ist. Ein wesentlich mitbestimmender Grund muss doch wohl in der besondern Natur der reifen Frucht liegen.

Zunächst haben wir im Gewebsverbande reifer Früchte Zellen vor uns, denen neben der Qualität einer besonderen „Altersschwäche" auch noch die Eigenschaft zukommt, dass sie sich im Stadium einer minderen Aktivität (Reagierfähigkeit), eines herabgesetzten Stoffwechsels befinden, und das ist nicht etwa in eins zusammenzuwerfen, denn letzteres Merkmal — ohne das erste — kommt beispielsweise allgemein den Gewebszellen während der Vegetationsruhe zu und scheint auch gelegentlich parasitäre Eingriffe zu erleichtern [1]). Allerdings ist nun zwar für unseren Fall letzteres ein Ausfluss des ersteren, oder doch jedenfalls eine Begleiterscheinung des Alters, aber trotzdem wären die beiden Momente noch voneinander zu halten, denn gesetzt den Fall, dass gerade der abnehmende Stoffwechsel durch mindere Produktion eines unter anderen Verhältnissen den Eindringling abhaltenden Produktes, die eigentliche Veranlassung wäre, so hätte ja das mit einer Empfindlichkeit auf grund der Altersschwäche Näheres nicht zu schaffen. Eine Empfindlichkeit des Plasmas gegen den Einfluss des Parasiten (etwa auf grund seiner Stoffwechselprodukte) könnte überhaupt ja zu jeder Zeit bestehen, aber vielleicht bei verändertem Stoffwechselverlauf der Wirtszelle bez. Minderung

---

1) Speciell für *Nectria cinnabarina*, welche Zweige unserer Laubhölzer gerade während der Vegetationsruhe (Herbst, Frühjahr) abtötet, wies ich auf dieses hin („Zeitschrift f. Pflanzenkrankheiten". 1893 Bd. IV. p. 74). Allerdings kann auch da der grössere Feuchtigkeitsgehalt mitspielen. Mein hier entwickelter Standpunkt ist übrigens ein in einigen Momenten etwas abweichender.

seiner Intensität überhaupt erst in Frage kommen. Bevor wir also nicht wissen, dass jugendliche Zellen des Wirtes an sich wirklich unempfindlicher sind, können wir wohl mit der „Altersschwäche“ kaum im Ernst rechnen.

Auch lässt sich hier mit Recht auf jene Erscheinungen hinweisen, denen zufolge einige dieser Pilze nach Angabe nicht bloss reife Früchte, sondern auch äusserlich und innerlich ähnliche, succulente Organe anderer Art (Blätter von Crassulaceen, Zwiebeln u. a.) mit gleichem Erfolge befallen. Hier giebt offenkundig die Natur des Gewebes (gegebenenfalls vielleicht neben der Stoffwechselruhe) den Ausschlag und man dürfte wohl kaum die Empfindlichkeit der Blattzellen auf Rechnung deren mehr oder minder beträchtlichen Alters setzen. Übrigens bemerke ich auch, dass es experimentell leicht zu erweisen, wie sehr alte, partiell schon schrumpfende Früchte (Apfel, Apfelsine) gegenüber der künstlichen Infektion und unter übrigens gleichen Verhältnissen (feuchte Kammer) sich nicht anders verhalten als frische reife, wesentlich jüngere Exemplare, denn die Fäulnis verbreitet sich über letztere mit wenigstens der gleichen Geschwindigkeit, obschon jene Annahme das Gegenteil nahe legen sollte. —

Unter solchen Verhältnissen früge es sich allerdings, welchem Moment dann der entscheidende Einfluss zugeschrieben werden soll, und ob überhaupt andersartiges noch in Frage steht. Das ist nun zwar der Fall, aber wir müssen gleichzeitig gestehen, dass bei der augenblicklichen Sachlage, welche uns ein Mehrfaches an Möglichkeit bietet, ein wirklich sicherer Entscheid überhaupt kaum thunlich ist. Ohne den Wert der einzelnen richtig beurteilen zu können, vermögen wir einstweilen aber doch bestimmte Thatsachen zu konstatieren. Welche jedoch von ihnen den Ausschlag giebt, bleibe dahingestellt. Eine sachliche Erwägung würde dieselben vielleicht kurz in folgender Weise zusammenfassen.

Das abweichende Verhalten der reifen Frucht gegenüber der unentwickelten hinsichtlich der Wirkung unserer Fäulnispilze ist naturgemäss ganz allgemein eine Folge der sich innerhalb des Organes ändernden Verhältnisse, und das Thatsächliche dieses Vorganges ist ja auch hinreichend bekannt. Eine Änderung vollzieht sich aber nicht bloss in einem, sondern in einer Reihe von Punkten; das heisst also, die Frucht wird

nicht allein „älter", sondern sie mit Einschluss der Schale verändert auch ihre Beschaffenheit in sehr augenfälliger und jedem geläufiger Weise; es kommen da nicht nur chemische, sondern auch physikalische und nicht zuletzt anatomische Verhältnisse in Frage. Der ihr vordem eigentümliche säuerliche Geschmack schwindet und macht einer mehr oder weniger ausgesprochenen Süsse Platz, während gleichzeitig das relativ harte, festgefügte, gleichmässig von Saft durchtränkte Gewebe in ein weiches, oft sehr luftreiches übergeht. Die saftgefüllten Zellen lockern in vielen Fällen ihren Verband sehr erheblich, sodass es zu einem reichen Netz weiter, Gas-gefüllter Intercellularen (Kernobst, Schale der Südfrüchte) kommt; schon ein nicht gerade starker Druck bewirkt jetzt durch Austritt des Saftes in die Zwischenräume schädigende Veränderungen. Die Zellsaftzusammensetzung zeigt eine wesentliche Änderung und insbesondere überwiegt auch der Zuckergehalt gegenüber dem an freien Säuren.

Es bedarf wohl kaum einer Frage, dass gerade diese Verhältnisse mit in erster Linie zu berücksichtigen sind und dagegen das oben genannte Moment des „Älterwerdens" der Zellen zunächst eigentlich kaum noch ins Gewicht fällt, jedenfalls aber nicht in die erste Stelle zu rücken ist. Die drei Punkte, dass sich vor allem die Nährfähigkeit des Zellsaftes in bemerkenswertem Grade ändert, das Gefüge der Zellen ein verändertes lockereres (Pilzinvasionen erleichterndes) wird, der Luft- und gleichzeitige Wasserreichtum einer Fäule merklichen Vorteil bietet, sind so wesentlich, dass sie bei einer Diskussion kaum vernachlässigt werden können, denn wir haben hier in der That eine ganz auffällige Änderung des Substratcharakters in der für Mycelpilze möglichst vorteilhaften Richtung vor uns. Welchem derselben jedoch das Hauptgewicht beizulegen ist bez. ob nicht ein Zusammenwirken in betracht kommt, wäre erst durch Versuche zu entscheiden.

Naturgemäss kann gegebenenfalls aber diese veränderte Sachlage nur einem pathogen wirkenden Pilz zu gute kommen. Vorbedingung für ihre Ausnutzung ist also, dass derselbe bei dem Eindringen seiner Hyphen in die intercellularen Lufträume [1]) die angrenzenden Zellen abtötet, denn

1) Die genannten Formen sind ganz vorwiegend „Intercellular-

erst so gelangt er in Berührung mit dem reichlichen zuckerhaltigen Zellsaft, welcher weiterhin seine Vegetation so wesentlich begünstigt. Anders würde sich das Verhältnis bei der versuchten Infektion einer unreifen Frucht von in jeder Beziehung abweichendem Charakter, stellen. Abgesehen von den voraussichtlichen Schwierigkeiten, welche den eindringenden Hyphen durch den direkten festen Zellverband erwachsen, ist die Nährfähigkeit des Saftes nur eine bedingte und unter Umständen auf grund des Zuckermangels wie des Gehalts an freier Säure wohl ganz ausgeschlossen, sodass jedenfalls von einer ergiebigen Vegetation kaum — dafür aber unter Umständen von einer direkten Schädigung — die Rede sein dürfte, und die mangelnde Disposition schon aus diesem Grunde wohl erklärlich wird.

Die ganze Frage würde sich hiernach dann wesentlich aut anatomisch-chemischem Gebiet bewegen, selbstverständlich nachdem zuvor das pathologische Moment den Ausschlag gegeben. Chemische Verhältnisse, wennschon komplizierterer Art, schienen aber nach unseren obigen Ausführungen auch bei dem letzteren sehr wesentlich beteiligt, und es liefe somit das Ganze, wenn wir auf der einen Seite dem Organismus die ihm gebührende Sonderstellung voll wahren, in letzter Linie hauptsächlich auf rein chemische Fragen hinaus, das heisst chemische Verhältnisse bestimmen voraussichtlich und wenigstens in sehr wesentlichem Grade die Pathogenität des Pilzes, wie die Disposition des Organs und die seines Entwicklungsstadiums. Was dabei freilich noch im Grunde an Unerklärtem bleibt, sowie etwa gleichzeitig von physikalischen und insbesondere anatomischen Momenten geleistet wird, soll allerdings nicht übersehen oder unterschätzt werden.

Jedenfalls dürfen wir aber nach allem darauf hinweisen, dass die Prädisposition gerade der reifen Frucht, da wo eine solche besteht, höchst wahrscheinlich nicht durch das Alter der Zellen an sich — bez. durch dieses allein — geschaffen wird, denn das kann naturgemäss überhaupt erst in Frage

---

parasiten" (gegenüber den Zellparasiten) und machen schon dieserhalb andere Ansprüche. Ich möchte sie aber weder als „Wund"- noch als „Schwächeparasiten" bezeichnen (cf. Sorauer, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1894. p. 328).

kommen, sobald den Pilzhyphen ein Eindringen sowie eine entsprechende Ernährung gewährleistet wird und das Umgekehrte ist jedenfalls weniger wahrscheinlich. Vielmehr hätten wir hier den bemerkenswerten Fall, dass gerade anatomisch-physikalische und chemische Momente solche schaffen. Ob nun beide stets in allen Fällen in betracht kommen, darf man dahingestellt sein lassen, denn vielleicht genügt mehrfach (so beispielsweise bei dem Beerenobst) allein schon die Änderung der Saftzusammensetzung, um (bei selbstverständlich vorausgesetzter Gelegenheit zum Eindringen) die im ganzen doch zu jeder Zeit gegebene Infektionsmöglichkeit zu realisieren. Bei Früchten anderer Art, welche in reifem Zustande von einem zusammenhängenden System ansehnlicher luftführender Kanäle durchsetzt sind und wo die dadurch herbeigeführten Verbandslockerungen der Zellen nicht unerheblich ins Gewicht fallen (Kernobst, Fruchtschale der Apfelsinen u. a.), mag aber dieser Umstand für die in Frage kommenden Pilze nicht unwesentlich sein, und vielleicht wäre er sogar noch besonders zu beachten. Voraussichtlich können wir uns aber wohl dahin aussprechen, dass er ohne die gleichzeitige Änderung in der Saftzusammensetzung minder leistungsfähig erscheint, und im Grunde genommen also doch wieder chemische Verhältnisse zuletzt den Ausschlag geben. Inwieweit dabei noch eine direkte Anlockung [1]) (Chemotaxis) oder Begünstigung der fraglichen Pilze durch bestimmte vielleicht auch erst später, oder dann doch in besonderer Menge, entstehende Stoffe stattfindet, soll hier nicht untersucht werden, jedenfalls ist von der Saftzusammensetzung — und wohl nicht zuletzt von seinem Zuckerreichtum — das Fortkommen und Gedeihen derselben abhängig und jene Pilzformen sind in dieser Beziehung somit keineswegs anspruchs-

1) Für mehrere Fälle wurde neuerdings von Pfeffer und Miyoschi (l. c.) gezeigt, dass das Eindringen von Pilzfäden in pflanzliches Gewebe durch bestimmte chemische Substanzen veranlasst werden kann, sofern man mit diesen das Blatt injiziert; gleichzeitig wurden die Blätter (Tradescantia) alsbald abgetötet (*Penicillium glaucum*). Eine solche chemische Reizung mag als richtende Kraft für den Eintritt unserer Pilzhyphen, insbesondere aber für den raschen Fortgang der Fäulnis mit in Frage kommen; ob für ersteren allgemeiner, dürfte aber fraglich bleiben, da wohl gerade die hier behandelten fäulniserregenden Pilze auch in bloss luftgefüllte (wasserdampf-gesättigte) Intercellularen der in betracht kommenden Objekte hineinwachsen. Versuche können da aber erst entscheiden.

loser als der nur die reifen Früchte schätzende Mensch. Anderen Arten ihres Gleichen gegenüber befinden sie sich aber in der angenehmen Lage, von dieser ihrer Vorliebe für die reife Frucht vermittelst einer besonderen Einwirkung auf deren Zellen nachdrücklichsten Gebrauch machen zu können.

Es bliebe schliesslich vielleicht noch die Frage, in welche biologische Gruppe wir die Erreger der Fruchtfäule einzureihen haben. Unstreitig finden dieselben ihre eigentlichen Lebensbedingungen in totem Gewebe, das heisst, ihr Ernährungsprozess setzt nur das Vorhandensein bestimmter chemischer Verbindungen voraus, ohne dass Umstände besonderer Art, wie sie vielleicht durch die Vegetation in einem lebenden Wirt gewährleistet werden, irgend welche Rolle spielen. Sie sind also im eigentlichen Sinne des Wortes „Saprophyten", und daran wird auch wenig geändert, wenn sie nun für ganz bestimmte Fälle pathogen werden. Allerdings besitzen sie ja die Fähigkeit, unter gewissen Umständen lebende pflanzliche Organe anzugreifen, sodass sie dieserhalb auch als fakultative Parasiten bezeichnet wurden, wennschon ihre Lebensweise keineswegs eine „parasitische" ist, denn mit dem Befallen der Frucht stirbt diese ab und Vegetation wie Fruktifikation des Pilzes vollziehen sich so gut wie ausschliesslich in und auf totem Gewebe. Es kommen für ihn also nicht etwa die besondere Organ- und Gewebsnatur, sondern nur deren Inhaltsstoffe in Frage, sodass auch von besonderen durch das Weiterleben der Wirtspflanze gewährleisteten Bedingungen irgend welcher Art nicht die Rede sein kann.

Der Entscheid über die Bezeichnung unserer Formen hängt also wohl von der Art der Definition des Wortes „Parasit" ab. Im allgemeinen erschiene es vielleicht angemessen, hier die besonderen Ansprüche an die Lebensbedingungen, und weniger die Fähigkeit überhaupt lebendes Gewebe anzugreifen, zu betonen, sodass man in unserem Falle besser von „pathogenen" (gegenüber den „neutralen") Saprophyten reden könnte. Andererseits ist freilich diese Eigentümlichkeit, Organe lebender Pflanzen zu infizieren, eine so in die Augen fallende, dass man auf eine besondere Bezeichnung derselben ungern Verzicht leistet, so wenig ja im übrigen die Verhältnisse eine scharfe Gegenüberstellung bez. das Ziehen wirklicher Grenz-

linien auch gestatten mögen. Der Parasitismus wäre dann hier in der Hauptsache auf einige sehr bestimmt umgrenzte Fälle (spätere s Entwicklungsstadium gewisser Organe einer kleinen Reihe von Wirtsspecies) beschränkt, und es erscheint im ganzen die Bezeichnung als „Fruchtparasiten" der anderer derartiger Benennungen, welche das Alter oder die Art und Weise des Eintritts in den Wirt in den Vordergrund stellen (Alters-, Schwäche-, Wund-Parasiten) vorzuziehen, zumal das im Grunde für den Infektionserfolg Ausschlaggebende eben in der oben erörterten besonderen Natur der (reifen) Frucht liegt, und gerade dieserhalb auch anderweitige Organe des gleichen Wirts von dem Befallenwerden ausgeschlossen sind. Allerdings beschränkt sich — auch ganz abgesehen von der eine Sonderstellung einnehmenden *Botrytis* — die pathogene Wirkung nicht durchweg auf Früchte, immerhin bilden diese aber ein ganz bevorzugtes Substrat jener Arten, das den Parasitismus in besonders ausgesprochener Weise in die Erscheinung treten lässt.

Im übrigen soll durch jene Bezeichnung auch nur ausgedrückt werden, dass wir es mit Pilzformen zu thun haben, welche mit erklärter Vorliebe auf bestimmten pflanzlichen Organen sich anzusiedeln und solche zu vernichten pflegen. Man könnte derselben aber ohne Schaden entbehren und einfach von „Fäulniserregern des Obstes" reden, eine Bezeichnung, die jedenfalls keinerlei Missverständnisse aufkommen lässt.

IV.

Die einzelnen Pilzspecies.

1. *Penicillium italicum* nov. spec.

(s. Abb. Taf. II.)

Der Pilz bildet auf den befallenen Früchten (Citrone, Apfelsine, Mandarine) bläulich-graue oder grün-graue, in der Regel von einer weissen, sterilen Zone umgebene, umfangreiche Schimmelüberzüge, indes gleichzeitig seine Hyphen Schale und Inneres der Frucht dicht durchsetzen, und hier in etwaigen Hohlräumen zu einer der äusseren gleichgefärbten Konidienbildung Veranlassung geben. Nach den bisherigen Erfahrungen findet er sich nur auf den genannten Früchten und ist unmittelbare Ursache deren Fäulnis.

Von anderen grünen *Penicillium*-Species, so insbesondere den einzigen besser bekannten, *P. glaucum* Lnk. und *P. luteum* Zuk., unterscheiden sich seine Conidienrasen im allgemeinen durch den Farbenton, welcher bei diesen gewöhnlich sattgrün, seltener bläulich-grün, bez. braun-grün (olivfarben) ist, während das makroskopische Aussehen sonst Ähnliches bietet.

Der Aufbau des Conidienträgers entspricht in den Einzelheiten so ziemlich ganz dem von *P. glaucum* und fast der einzige Unterschied liegt in der Gestalt der Conidien selbst, welche hier nicht kugelig, sondern ausgesprochen ellipsoidisch sind. Darin stimmt diese Art also wieder mit dem *P. luteum* überein, dessen Conidienträger freilich in der Gestalt (Wirtelstellung der Äste) meist merklich abweicht [1]). Endlich bilden

---

1) Abbildungen dieser gab ich a. a. O. („Morphologie und Entwicklungsgeschichte von *Penic. luteum*", Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1893. Taf. X). — Eine kurze Beschreibung des *P. italicum* gab ich in der „Hedwigia" 1894.

diese beiden schon länger bekannten Arten vorwiegend gelbe Früchte, während die der neuen Art stets braun sind, sonst aber denen des *P. glaucum* sehr gleichen.

Von den übrigen früher beschriebenen grünen Arten kämen zum Vergleich etwa noch in betracht: *P. digitatum* (Fr.) Sacc., *P. pruriosum* Salisb., *P. Duclauxii* Delacr., über die wir zur Zeit aber noch wenig Näheres wissen. Die letzte Species soll gelb bis olivfarben sein, und ist vielleicht mit *P. luteum* identisch; *P. digitatum* besitzt angeblich runde oder ellipsoidische Conidien (weicht wenigstens nach der Abbildung Saccardo's[1]) auch sonst ab), und von der dann allein etwa noch in betracht kommenden ist wohl überhaupt wenig zu sagen[2]). Im ganzen führt Saccardo[3]), mit Einschluss der hier genannten, neun grüne Arten auf. Unsere neue ist nach allem mit keiner derselben identisch[4]).

Nach den bereits hervorgehobenen diagnostisch wichtigen Merkmalen erübrigt nunmehr noch eine etwas genauere Beschreibung der allgemeineren Kennzeichen, wobei das in Zuckerkulturen gezogene Material zu Grunde gelegt sein mag.

Die in ausserordentlicher Menge produzierten zarten, farblosen Conidienträger von durchschnittlich 250 μ Länge, teilen sich gegen die Spitze gewöhnlich in drei bis vier Äste, von denen zwei (primäre) in ungleicher Höhe dem Hauptstamm entspringen, während ein weiterer (sekundärer) wiederum von dem grösseren, tiefer inserierten jener zwei seinen Ursprung nimmt. Die Zweiglein wenden sich rasch abbiegend sogleich senkrecht aufwärts, sodass sie alle parallel mit dem Stiel verlaufen, und jeder derselben trägt auf seiner einfach fädig auslaufenden Spitze einen Wirtel mittel-schlanker scheitelwärts gerichteter Sterigmen, welche lange Ketten ellipsodischer Conidien in schneller Folge abgliedern. Gelegentlich vor-

---

1) Fungi italici t. 894; vom Autor auf der Limonenfrucht beobachtet.

2) Die Abbildung bei Cattaneo („Dei Miceti trovati sul corpo humano". Milano 1883. tab. VI. fig. 12) lässt sich wohl kaum heranziehen, wennschon auch die vorhandene Diagnose nicht besser ist.

3) Sylloge, t. IV. 1886. p. 78—79. Supplementum 2. 1892 (t. X). p. 257.

4) Schröter führt (in Cohn's Kryptogamenflora III. 2. 2. Lief. p. 218 u. f.) 10 deutsche *P.*-Arten an, von denen bisher wohl nur 2—3 sichergestellt sind.

kommende Abweichungen (Abweichungen in der Zahl und Stellung der Zweige u. a.) dürfen als wenig wesentlich übergangen werden und bezüglich weiterer Einzelheiten sei hier kurz auf die Abbildungen der Tafel II verwiesen.

Die Conidien sind durchweg glatt, bei stärkerer Vergrösserung fast farblos, in Masse zusammenliegend bläulichgrau oder grün-grau und sie bedingen auch hier die Farbe der Rasen. Ihre Länge misst 4—5 μ bei einer Dicke von 2—3 μ, sodass sich die beiden Dimensionen annähernd wie 1 : 2 verhalten.

Der Stiel des Conidienträgers hat ganz den Charakter einer gewöhnlichen Hyphe, weicht also auch in der Dicke (4 μ) nicht merklich ab; jene der Hyphen beträgt meist 3—4 μ, hier wie dort findet man die üblichen Scheidewände in nicht geringer Zahl.

Auch nach der zwecks Erlangung deutlicher Bilder erforderlichen Präparation [1]) haften den Sterigmen noch längere Conidienketten an, und lässt sich hier die allmähliche Ausbildung — Abgliederung von der sich gleichsam ausziehenden Spitze — gut verfolgen; die älteren übertreffen die noch jungen Exemplare dieser merklich an Grösse, letztere pflegen zunächst streng cylindrisch (im opt. Durchschnitt rechteckig) zu sein, und erhalten erst späterhin (unter Abrundung der beiden Enden und nachträglicher Anschwellung) die definitive Gestalt.

Von etwas weiterem Interesse ist die Fähigkeit der Art zur reichlichen Sklerotien-Bildung, der wir sowohl in den infizierten Früchten wie auf künstlichen Nährlösungen begegnen, wo sie oberflächlich wie auch unterhalb der Decken (also so ziemlich überall) stattfindet. Die Sklerotien sind runde, 300 μ im Durchmesser haltende glatte, braungefärbte, kuglige Gebilde von relativ grosser Regelmässigkeit in der äusseren Gestalt, unterscheiden sich in diesen Punkten somit merklich von denen des *P. glaucum*, welche gelb [2]), oberflächlich rauh und weniger regelmässig sind; eine weitere Differenz liegt bis zur Zeit in dem Umstande, dass dieselben

---

1) Abwaschen in Alkohol und Wasser zwecks Benetzbarmachens sowie Entfernens der massenhaften Conidien.

2) Nach dem mir vorliegenden Material, welches also von den Beschreibungen anderer in einigen Punkten abweicht. cf. Schröter l. c.

eine Weiterentwicklung nicht durchmachen, sondern unter verschiedenen die Keimung bezweckenden Bedingungen ganz unverändert blieben. Über ihren Bau sei hier bemerkt, dass sie ohne auffällige anatomische Differenzen in toto aus stärker verdickten rundlich-polyedrischen Zellen zusammengesetzt sind, und diese durch entsprechenden Druck auf das harte spröde Kügelchen teilweise isoliert werden können (Fig. 8). Der Querschnitt lässt die peripheren Zelllagen in nach dem Innern rasch abnehmender Intensität bräunlich gefärbt und etwas schwächer verdickt erscheinen (Fig. 7).

Bezeichnend ist, wie schon gesagt, die Menge und gleichzeitig die Schnelligkeit ihrer Bildung, denn in Kulturen finden sie sich gewöhnlich bereits nach kaum beendeter Deckenbildung ein, und sie wachsen hier in wenigen Tagen zur definitiven Grösse heran; da gleichzeitig fortdauernd neuangelegte hinzukommen, kann man ohne Mühe die verschiedensten Stadien nebeneinander finden. Die Art der Formierung der jüngsten Anlagen lasse ich dahingestellt, obschon vielleicht gerade dies Objekt sich zu Studien dieser Art gut eignen würde; weiterhin präsentieren sie sich dann als weisse zarte Kügelchen, die unter allmählicher Verdickung der Zellwände und ebensolcher peripherer Bräunung zu der definitiven Gestalt heranwachsen; nicht selten findet man sie von einer lockeren die eigentliche Farbe verdeckenden grauen Hyphenhülle umgeben.

Der Pilz gedeiht üppig auf verschiedenartigen Substraten (Saft der infizierten Früchte, Zuckerlösung mit anorganischen Nährsalzen), und bildet besonders auf 10—20-proz. Zuckerlösungen dichtverflochtene starke, oberhalb hell- bis grau-grüne, unterhalb farblose Decken (Zimmertemperatur). Könnte man bezüglich der Zugehörigkeit der in den faulen Früchten gefundenen Sklerotien zu der Hyphen- und Schimmelvegetation noch im Zweifel sein, so wird diese durch deren Auftreten in von Conidien sich ableitenden derartigen Kulturen einwurfsfrei dargethan.

Sonstige bemerkenswerte, auf den Stoffwechsel bezügliche Eigentümlichkeiten fehlen dem Pilz; der Zucker der Nährlösung wird glatt verbraucht, ohne dass es hierbei zum Auftreten besonderer Stoffe (organische Säuren u. a.) kommt.

In ihm kennen wir also die zweite *Penicillium*-Species,

welche wirkliche Sklerotien bildet, indes zwei andere (*P. luteum* und *P. aureum*) weiche Ascus-Früchte mit kontinuierlicher Entwicklung erzeugen.

Diagnose.

Mycel oberflächlich, kriechend, zu dichten anfangs weissen aber bald ergrünenden Decken verwoben (so auf Flüssigkeiten), oder auch im Innern des Substrats (reife Früchte) und sich hier nach allen Seiten ausbreitend, gleichzeitig reichlich conidienbildende Hyphen an die Oberfläche der Frucht sendend und diese charakteristisch bläulich-grün oder grau-grün färbend. Conidienträger zart, schlank, aufrecht, wie die vegetativen Hyphen farblos und auch sonst von ihnen nicht verschieden, meist an der Spitze alternierend verzweigt mit zwei primären und einem sekundären, ungleich langen Zweiglein, auf deren Spitze je ein Wirtel (3—6) länglicher Sterigmen, die lange Ketten, in der Jugend cylindrischer und fest zusammenhängender, späterhin ellipsoidischer und leicht voneinander fallender Conidien abschnüren. Diese in Menge zusammenliegend grau-blau oder bläulich-grün, einzeln (unter dem Mikroskop) fast farblos, glatt und dünnwandig.

Sklerotien kuglig, hell- bis chokoladebraun, glatt, mehrfach von sterilen Hyphen umwachsen; gleichmässig aus derbwandigen, rundlich-polyedrischen Zellen bestehend, deren periphere (3—4) bräunlich gefärbte Lagen einen farblosen Kern umschliessen, aber ohne merkliche Gewebsdifferenzierung; hart und spröde; in reichlicher Menge auf und im Substrat; in der Jugend weiss. Weiterentwicklung zu Ascus-Früchten unbekannt.

Vorkommen auf verderbenden reifen Südfrüchten (Apfelsinen, Citronen, Orangen, Mandarinen) deren Fäulnis bewirkend (Hannover) und hier stets massenhaft auftretend.

Grössenverhältnisse:

Conidienträger . . . . bis 250 μ lang (Stiel ca. 200 „Pinsel“ ca. 50 μ)
Stieldurchmesser . . . 4 μ
Sterigmen . . . . . 10 μ lang, 3 μ dick.
Conidien . . . . . 4—5 $\asymp$ 2—3 μ
Vegetative Hyphen . 3—4 μ dick
Sklerotien . . . . . 300 μ im Durchm.

2. *Penicillium olivaceum* nov. spec.

(s. Abb. Taf. II.)

Durch die olivbraune Farbe sind die Überzüge dieses Pilzes stets leicht von denen des *Penicillium italicum* und *P. glaucum* zu unterscheiden; sie ähneln in der Färbung denen des *P. luteum*, dessen Braun jedoch alsbald missfarbig wird und welches überdies durch die (anfangs) citrongelbe Farbe der sterilen Hyphen wie der weichen Fruchtkörper, sowie endlich die Bildung eines intensiv roten Farbstoffes schon makroskopisch hinreichend gekennzeichnet ist. Die Conidienrasen von *P. luteum* und *P. glaucum* sind endlich durch im ganzen etwas stattlichere Conidienträger ausgezeichnet, sodass ihre Oberfläche von der des *P. olivaceum* (und auch des *P. italicum*) meist merklich differiert. Bei beiden letztgenannten Arten mangelt ein fädiger Charakter den Rasenbildungen ganz, die conidienerzeugenden Fäden sind so zierlich und kurz, dass das befallene Substrat nur von einem gleichmässigen farbigen Staube bedeckt zu sein scheint, denn auch die vegetativen Hyphen erheben sich nicht sichtbar über dessen Oberfläche.

Der Pilz befällt Apfelsinen, Citronen, Orangen und Mandarinen; die sich rasch über die Oberfläche derselben ausdehnenden Vegetationen sind zunächst schneeweiss, nehmen aber in wenigen Tagen die den Conidien charakteristische Farbe an. Gewöhnlich überzieht er (insbesondere in etwas feuchter Atmosphäre) die Früchte in ihrem ganzen Umfange, während die Hyphen gleichzeitig in das Innere (zunächst der Schale) eindringen und diese abtöten. Er unterhält eine lebhafte Vegetation auch noch auf und in den abgetöteten Teilen.

Von den charakteristischen mikroskopischen Merkmalen sei neben der erheblichen Grösse der ovalen Conidien (sie übertreffen die der anderen Arten merklich) die wenig regelmässige Gestalt der zarten pinselartigen Conidienträger hervorgehoben. In diesen beiden Punkten unterscheidet er sich wesentlich von den obengenannten drei Species. Wir haben hier somit die vierte gut bekannte deutsche *Penicillium*-Art vor uns und unter ihnen die dritte, welche pathogen auf lebende Früchte wirkt.

Im genaueren stellen sich die Merkmale wie folgt. Auf einen näheren Vergleich mit anderweitig beschriebenen Arten glaube ich dabei von vornherein verzichten zu sollen, denn sofern solche überhaupt besser charakterisiert (was allerdings gewöhnlich nicht der Fall ist), weichen sie wesentlich von der hier beschriebenen ab (Farbe, Gestalt und Grössenverhältnisse der Conidien, Conidienträger, vegetativen Hyphen u. a.), und bezüglich der übrigen lässt sich überhaupt nicht angeben, worin deren charakteristische Merkmale liegen sollen (s. oben), sodass man sie einstweilen am besten wohl ganz vernachlässigt.

Die Conidienträger unserer Art variieren bezüglich der Gestalt mehr als die der übrigen; im allgemeinen sind es kürzere relativ dicke Fäden, welche gegen die Spitze gewöhnlich in ungleicher Höhe 1—3 Seitenzweige treiben, die mit wenigen Sterigmen besetzt sind. Alle Teile wenden sich gleichfalls aufrecht, wobei ihr Durchmesser sich merklich verjüngt; bei stattlicheren Trägern kann auch der untere Seitenast wiederum einen Nebenzweig treiben; nicht selten bleibt die Verzweigung aber eine dürftige und Conidienbildung kann dann bereits an einfachen oder kaum verästelten Fäden stattfinden. Diese Verhältnisse sind hier also wesentlich unregelmässiger und etwas unregelmässig ist auch Gestalt wie Grösse der Sporen selbst.

Vorwiegend findet man ellipsoidische Gestalten, nicht selten aber auch kuglige und beider Grösse schwankt zwischen weiteren Grenzen, sodass man Dimensionen von 4—10 μ misst. Die Mehrzahl der ovalen Gebilde zeigt jedoch eine Länge von 6—7 μ bei einer Dicke von ca. 4 μ, sodass die Dimensionen jene der gleichen Organe von *P. italicum* (und *P. luteum*) immerhin noch merklich übertreffen.

Die Wand ist durchweg glatt, zart, und erscheint kaum gefärbt (schwacher Ton ins Gelbliche bei starker Vergrösserung); der Inhalt bietet nichts Auffallendes.

Der Zerfall der Ketten in die einzelnen Glieder vollzieht sich ungemein leicht, sodass man in Präparaten fast ausschliesslich isolierte Conidien antrifft und nur vereinzelt solche den Sterigmen noch ansitzen. Nichts Abweichendes bietet auch die Art der Abschnürung (s. Abbild. der Tafel).

Von gleicher Dicke sind in der Regel die vege-

tativen Hyphen, deren Durchmesser bis 5 μ erreicht; die glatte ungefärbte Wand hat nur geringe Dicke.

Fruchtartige Gebilde wurden bisher nicht gefunden.

Während das Wachstum auf den befallenen Früchten ein sehr intensives ist, konnte ich den Pilz auf der benutzten für andere Formen günstigen Zuckerlösung nur zu einer dürftigeren Entwicklung bringen. Die aus den Conidien hervorgehenden winzigen und ärmlich conidienbildenden weissen Polster zeigten sehr träge Weiterentwicklung, und dieser Umstand erschwerte anfänglich die Untersuchung wesentlich, da Reinkulturen schlecht zu erziehen waren, denn gewöhnlich sind den ausgesäeten Conidien fremde (und insbesondere solche von *P. italicum*) überreich beigemengt, deren rasche Entwicklung dann alsbald die unseres Pilzes ganz unterdrückt.

Bei der auf toten Früchten der genannten Arten sich gleichfalls gut vollziehenden Vegetation dürften seinem saprophytischen Vorkommen auch auf irgend welchen geeigneten anderen Substraten keine Schwierigkeiten im Wege stehen, sodass man ihn wohl den Formen der deutschen Flora zuziehen kann. Jedenfalls erachte ich für diese Species die Einführung durch den Wirt für weniger wahrscheinlich als vielleicht für jenes *P. italicum*.

Diagnose.

Mycel teils oberflächlich kriechend und auf den befallenen Früchten umfangreiche schneeweisse Bezüge bildend, teils intercellular in das Innere eindringend; erstere nach kurzer Zeit unter reichlicher Erzeugung conidienbildender Hyphen sich hell olivenbraun färbend. Conidienträger zart, aufrecht, farblos wie die Mycelhyphen und auch sonst von ihnen kaum abweichend; mit mehr oder weniger regelmässiger Verzweigung und 2—3 ungleich hoch inserierten Seitenästen, die eine wechselnde oft sehr geringe Zahl von Sterigmen tragen; der Fadendurchmesser gegen die Spitze hin (von den vegetativen Fäden ab) merklich abnehmend. Conidienketten leicht zerfallend, nur die jungen Glieder (ähnlich wie bei *P. italicum*) fester zusammenhängend. Conidien ungleich in Gestalt und Grösse, doch vorwiegend ellipsoidisch und sehr ansehnlich (grösser als die von *P. glaucum, italicum* und *luteum*),

glatt, dünnwandig, hyalin, in Massen zusammenliegend olivfarben.

Fruchtkörper unbekannt.

Vorkommen auf verderbenden Apfelsinen und Citronen, (oft neben *P. italicum*) und deren Schimmeln bez. Faulen bewirkend; Hannover.

Grössenverhältnisse:

Conidienträger	200—250 μ lang (Köpfchen allein ca. 36 μ)
Stiel	5,5 μ dick
Sterigmen	14 $\asymp$ 3 μ
Conidien	6—7 $\asymp$ 4 μ (bis 10 $\asymp$ 6 μ)
Vegetative Hyphen .	3—4 μ.

---

3. *Penicillium glaucum* Lnk.

(S. Abb. Taf. II.)

Die Art ist von ähnlich gefärbten bei Beachtung der Farbenüance ihrer Decken [1]) und der Sporengestalt durchschnittlich unschwer unterscheidbar.

Bezeichnend ist das reine mehr oder weniger dunkle Laubgrün (seltener Blaugrün) gegenüber dem Graublau, bläulichen, grauen oder bräunlichem Grün anderer Species; doch müssen für die Beurteilung im allgemeinen gleichgestellte und nicht zu alte Kulturen, deren Färbung durchweg ins Unbestimmte (grau- bis schmutzig braun-grün, aschfarben oder grau-braun) übergeht, vorliegen. Wichtig sind aber die ausgesprochen rein kugligen Conidien, wie sie den bisher gut bekannten Arten stets fehlen, dagegen ist ziemlich belanglos der Bau der in den Einzelheiten mit dem gewisser anderer (*P. italicum*) so gut wie ganz übereinstimmenden, wennschon etwas stattlicheren Conidienträger, obgleich er speciell von dem jener des gleichfalls sehr gemeinen *P. luteum* merklich durch die hier gewöhnlich doldig gestellten Verzweigungen abweicht. Gelegentlich kann das auch bei *P. glaucum* vorkommen, ist aber nicht die Regel; vielmehr haben wir hier durchschnittlich Alternanz der Zweige, in der für *P. italicum* geschilderten Weise.

---

1) Allzuhohes Gewicht möchte ich auf die öfter nach den Umständen wechselnde Färbung jedoch nicht legen.

Alle Teile, mit Ausnahme der auch hier als Träger des Farbstoffs auftretenden Conidien, sind farblos, und die vegetativen Fäden nach Aussehen und Dimensionen gleichfalls von den zu Conidienträgern sich ausgestaltenden nicht verschieden. Habitus und Grössenverhältnisse dieser stimmen mit denen anderer Arten ziemlich überein [1]). Sklerotien erscheinen selten und offenbar rein zufällig.

Verwechslungen sind bisher wohl insbesondere mit *P. luteum,* nicht selten aber auch mit irgend welchen anderen durch Bildung grüner Schimmeldecken ausgezeichneten Arten — die Zahl dieser ist selbst bei Absehen von den noch immerhin leicht unterscheidbaren *Aspergillus*-Arten nicht gering — vorgekommen, und die Angaben der Litteratur, wonach in diesem oder jenem Falle *P. glaucum* vorlag, mit einer gewissen Reserve aufzunehmen.

Der Pilz gedeiht, wie hinreichend bekannt, auf den verschiedenartigsten Substraten (Zuckerlösung, Brod, Esswaren, Fruchtsäfte, Pflanzenteile etc.), er bildet aber keineswegs die alleinige oder stehende Vegetation der im Freien schimmelnden Objekte, sodass in nicht wenigen Fällen die grünen Decken des angeblichen *Penicillium glaucum* bei genauerer Untersuchung nur die Farbe mit dieser Art gemein haben.

Grössenverhältnisse:

Conidienträger . . .	200—400 μ lang
Stiel	4—5 μ dick
Sterigmen	8—13 $\asymp$ 3—4 μ
Conidien	3 μ im Durchm. [2])
Hyphen	3—4 μ dick
Sklerotien	0,1—0,8 mm im Durchm.

1) Die neueste Diagnose bei Schröter (in Cohn's Kryptogamenflora Schlesiens. Bd. III. 2. Hälfte. 2. Liefg. 1893. p. 219) weicht in einigen Punkten — wohl mit Unrecht — ab, erscheint übrigens auch nicht sehr übersichtlich. Derselbe beschreibt dem Anschein nach nicht nach eigenen Ermittlungen. — Ausführliche Beschreibung gab bekanntlich Brefeld („Schimmelpilze". II. 1874).

2) Der Durchmesser der Conidien entspricht somit ungefähr dem der Hyphen. Ich hebe das hervor, da die bezüglichen Zeichnungen der bisherigen Litteratur in diesem Punkte fast durchweg nicht sehr genau sind.

4. *Mucor piriformis* Fisch. [1]).

(s. Abb. Taf. III.)

Die von A. Fischer kürzlich zuerst beschriebene Art ist von ähnlichen immerhin gut unterscheidbar.

Das Mycel vegetiert ausnahmslos innerhalb der befallenen Früchte (intercellular) und sendet in der Regel nur unter besonderen Umständen (abgeschlossene feuchte Atmosphäre) Sporangienträger an die Oberfläche. Im feuchten Raum bilden sich diese jedoch ziemlich reichlich und hier kann es auch zu einer oberflächlichen doch stets dürftigen Entwicklung lockerer vegetativer Hyphen kommen. In künstlichen Nährlösungen wie auch auf festen Substraten ist der Pilz leicht zu kultivieren (Zuckerlösung, gekochter Reis); im allgemeinen treten aber auch hier vegetative Hyphen seltener über die Oberfläche hinaus, während Sporangienträger in grosser Zahl (als dichter die Oberfläche bedeckender Wald) und — doch nur in Wasserdampf-gesättigter Atmosphäre — hoch emporwachsen. Bei freiem Luftzutritt fallen sie alsbald rasch zusammen. Bezeichnend für sie ist die reichliche Ausscheidung von Wassertröpfchen neben einer sehr variablen Länge, welche (auf dem gleichen Substrat nebeneinander) von einigen Millimetern bis zu mehreren Centimetern schwanken kann. Auf den infizierten Früchten brechen sie im feuchten Raum vorzugsweise aus künstlich angelegten Schnittflächen hervor, und stehen hier bald einzeln, bald zu 2—4 in kleinen Gruppen bei einander.

Der Durchmesser der farblosen vegetativen Hyphen variiert stark (je nach Alter) und kann über 30 μ hinausgehen. Das Sporangium ist anfangs farblos, dann gelblich, bei der Reife braunschwarz, in den von mir beobachteten Exemplaren nicht feinstachlig und mit rasch zerfliessender Wand, welche an der Columella-Basis einen sehr zarten Kragenrest zurücklässt. Der weissglänzende, unverzweigte, sehr hinfällige, gewöhnlich nicht steif aufrechte, glattwandige Stiel erreicht bis 8 cm Länge, bei dementsprechend gleichzeitig schwankendem Durchmesser.

---

1) Diagnose in Rabenhorst, Kryptogamenflora. 2. Aufl. I. Bd. 4. Abt. Pilze. 47. Liefg. (1892) (Phycomyceten, bearbeitet von A. Fischer) p. 191.

Die Form der Columella ist mehr oder weniger birnförmig, ihre Farbe schwach bräunlich; die zahlreichen vorwiegend ellipsoidischen und ziemlich gleichgrossen Sporen sind farblos, ohne gerade hervortretende Zwischensubstanz. Querwände findet man selten.

Zygosporen wurden nicht beobachtet, dagegen mehrfach reichlich Sprosszellen und derbwandige Gemmen mit stark lichtbrechendem Inhalt. Im allgemeinen sind alle Teile farblos (mit Ausnahme des Sporangiums), schwach-gelbliche Färbung weist (in Reiskulturen) nur das ältere die Reiskörner umspinnende Mycel bez. die Deckenunterseite (auf Zuckerlösungen) auf.

Auch diese Art findet (ähnlich einigen nahe verwandten) auf stärkemehlreichen Substraten, insbesondere auf Reis, einen guten Entwicklungsboden und scheint somit gleichfalls Stärke leicht verzuckern zu können. Gegen den Mitbewerb anderer Species insbesondere auch auf Zuckerlösung ist dieselbe jedoch relativ empfindlich, da gewöhnlich ein einmaliges kurzes Öffnen zu einer verderbenbringenden Infektion führt.

Grössenverhältnisse:

Sporangienträger . .	bis 8 cm hoch
Stieldicke	30—80 μ
Sporangium	bis 0,4 mm im Durchm.
Columella	80—180 μ hoch [1]), 65—150 μ dick (oben)
Sporen	7 μ lang, 4,2 μ dick (im Mittel).

Trotz einiger Abweichungen von der Diagnose der „Kryptogamenflora“ scheint die beobachtete Species jedenfalls noch am besten hierher zu passen, was auch mit dem Vorkommen (nach A. Fischer's Angabe auf faulenden Äpfeln) gut stimmt. Im übrigen wird daselbst (abgesehen von der stachligen Sporangium-Oberfläche) für die Columella 200—300 $\leqq$ 140—280 μ, für die Sporen 5—13 $\leqq$ 4—8 μ und den Stieldurchmesser 35—50 μ angeben. Aus Obigem ergiebt sich aber schon ein merkliches Schwanken der Grössenverhältnisse, und selbst die sehr bezeichnende Form der im allgemeinen birnförmigen Columella unterliegt solchem.

---

1) Verschiedene Messungen ergaben 84 $\leqq$ 70 μ, 145 $\leqq$ 108 μ, 172 $\leqq$ 155 μ, 180 $\leqq$ 150 μ.

Der von Davaine auf faulendem Obst wiederholt beobachtete angebliche *M. Mucedo* ist — insonderheit auch in Hinblick auf das Vorkommen — voraussichtlich *M. piriformis*. Aus gleichem Grunde scheint mir das auch für den *M. clavatus* Link., *M. globifer* Lnk. und *M. amethysteus* Berk., die Fischer zu *M. stolonifer* zieht (l. c. 232—233), zu gelten.

5. *Mucor stolonifer* Ehrenb. (*Rhizopus nigricans* Ehrenb.).

(S. Abb. Taf. III).

Die Art[1]) charakterisiert sich in hervorragendem Grade durch die mehrere Centimeter langen Ausläufer, die in ihrem Verlauf Haftorgane und Sporangienträger ausbilden. Letztere erreichen nie eine über 6 mm hinausgehende Grösse, obschon das dunkel gefärbte Sporangium im Durchmesser von dem des *M. piriformis* kaum abweicht. Seine Wand ist jedoch härter und brüchig, also nicht zerfliesslich, und die Columella ausnehmend gross, mehr oder weniger kuglig mit breiter Basis; nach dem Zerfall der Sporangienwand gelegentlich ein merklicher Kragenrest bleibend. Sporangienträger (Stiel, Columella, Wand) und Haftzweige dunkler (gelblich-braun) gefärbt, das Sporangium selbst auch unter dem Mikroskop zur Reifezeit schwarz, reichlich mit kleinen, gefärbten (gelblich-braunen) rundlich-eckigen Sporen gefüllt. Zygosporenbildung im Substrat. Dimensionen auch hier sehr schwankend.

Auf flüssigen wie festen Substraten (Reis, Kartoffeln, Zuckerlösung, Caseïn) unschwer zu kultivierende gemeine Art.

Grössenverhältnisse (gut entwickelter Exemplare):

Conidienträger . . .	5—6 mm	lang
Stieldicke	ca. 15—30 μ	
Sporangium	0,20—0,40 mm	im Durchm.
Columella	120—260 μ	„ „
Sporen	6—10 μ	„ „
Vegetative Fäden .	bis 17 μ	dick.

1) Ausführliche Diagnose und Kritisches bei Fischer, l. c. 4. Abt. 48. Liefg. 1892. p. 230. Entgegen der Angabe dieses Autors (p. 229) finde ich übrigens mehrfach deutliche Kragenreste.

Diese wie auch die folgenden hinlänglich bekannten Arten sind hier wesentlich nur aus Gründen der Vollständigkeit aufgenommen.

6. *Mucor racemosus* Fresen.

(S. Abb. Taf. III.)

Von *Mucor piriformis* bei im übrigen ziemlich gleicher Grösse (0,5—4 cm) und ähnlichem Aussehen schon mit blossem Auge durch die verzweigten Sporangienträger unterscheidbar, welche insbesondere in Kulturen auf festen Substraten (Reis) gut zur Beobachtung kommen. Sporangien etwas kleiner, gelb bis braun, mit nicht zerfliessender Wand; ebenso die Columella merklich kleiner und von Gestalt breit-keulenförmig, verkehrt eiförmig, mit schwachem Kragenrest; die Sporen von ungefähr gleicher Grösse, Gestalt (kuglig bis ellipsoidisch) und Aussehen (gelblich).

Auf Zuckerlösung oder Reis ist der Pilz leicht kultivierbar, bei Zimmertemperatur auf letzterem von anfangs recht langsamem Wachstum, doch späterer üppiger Entwicklung. Zygosporen-, Gemmen- und Sprosszellen(Kugelhefe)-Bildung.

Weiteres über diese bekannte und verbreitete Species darf unter Hinweis auf die Diagnosen hier füglich übergangen werden.

Grössenverhältnisse:

Sporangienträger . . .	bis 5 cm hoch
Stieldicke	10—20 μ
Sporangium	20—60 μ im Durchm.
Columella	bis 60 μ hoch und 40 μ dick
Sporen	7—10 $\asymp$ 5—8 μ
Zygosporen	80 μ im Durchm.

---

7. *Botrytis cinerea* Pers.

(S. Abb. Taf. III.)

Die Conidienrasen des Pilzes sind bekanntlich von mausgrauer bis bräunlicher oder brauner Farbe (letzteres bei älteren Rasen), in der Jugend heller, später dunkel, während der Conidienträger auf der Spitze seiner unregelmässig gestellten, aus dicken septierten Hyphen bestehenden Zweige ellipsoidische, zu unregelmässigen Haufen sich ansammelnde, graue bis fast farblose Conidien ausstülpt.

Konstante oder wesentliche Unterschiede zwischen einer ganzen Reihe der zahlreichen bisher beschriebenen Arten sind aber schwer anzugeben, und nicht wenige dieser Species werden sich wohl mit der Zeit, sobald deren — übrigens sehr erwünschtes — vergleichendes Studium einmal in die Hand genommen wird [1]), als synonym erweisen und somit aus dem kaum übersehbaren Gewirr von Formen verschwinden. Es ist das ein schon wiederholt in der Litteratur zum Ausdruck gekommener Wunsch.

Auf einen näheren Vergleich mit ähnlichen Arten darf also füglich verzichtet werden — es sei u. a. auf die zutreffenden Bemerkungen bei Frank [2]) verwiesen — und möge hier die Hervorhebung der für unsere Art an gut gedeihendem Kulturmaterial (von Zuckerlösung und Stärkekleister) hervortretenden Kennzeichen genügen.

Die mehr oder weniger verzweigten, aus septierten Hyphen aufgebauten Conidienträger messen durchschnittlich 2 mm Länge, übertreffen jene der *Penicillien* somit bis um ungefähr das 10-fache. Ihre Dicke schwankt zwischen 10—30 μ, und sind insbesondere die Wände der basalen Teile von ausgesprochen bräunlicher Färbung bei gleichzeitiger mässiger Verdickung. Die Conidien messen 9—11 μ in der Länge und 5—7 μ im Querdurchmesser [3]); sie sind stets glatt und dünnwandig, fast

---

1) Man darf freilich mit Recht bezweifeln, ob solches von nennenswertem Erfolg ist, zumal manche der Arten in nicht viel mehr als dem Namen fortleben, und ein etwas summarischeres Verfahren wäre da wohl angebracht. Die Schaffung eines neuen Namens bleibt ja stets wesentlich einfacher — bisweilen auch eindrucksvoller — als seine Begründung.

2) „Pflanzenkrankheiten" p. 535. — Desgl. bei Müller-Thurgau. l. c. p. 90 u. f. — Dieser Punkt wurde von mir auch bereits bei anderer Gelegenheit berührt („*Botrytis*-Fäule" in Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1893. Bd. IV. p. 209).

3) Saccardo (Sylloge. 4. 1886. p. 130) giebt für die Conidien 8—9 $\simeq$ 6 μ an. Obiges würde also vielleicht besser auf *B. vulgaris* Fr. passen, wie ich bei anderer Gelegenheit (l. c.) auch hervorhob. Da aber beide voraussichtlich synonym sind, der Name *B. cinerea* jedoch offenbar populärer, so glaube ich, um weitere Verwirrungen zu vermeiden, ihn auch hier wieder verwenden zu sollen. Übrigens bildet Saccardo („Fungi italici" tab. 693 und 699) beide Arten ab, greifbare Unterschiede sehe ich jedoch nicht.

farblos, mit ziemlich homogenem Plasma, in dem gewöhnlich, aber nicht immer, zwei stark lichtbrechende (in den Brennpunkten des elliptischen Durchschnitts gelegene) Körner zur Beobachtung kommen.

Auf die Fähigkeit der Art, schwarze derbe Sklerotien (= *Sclerotinia Fuckeliana*) zu bilden, welche späterhin zu Becherfrüchten (= *Peziza Fuckeliana*) auswachsen, sei nur nebenbei hingewiesen; ihr gelegentliches Fehlen gilt natürlich nicht als Beweis gegen Vorliegen eben dieser Species. Inwieweit diese wenige Millimeter grossen, mausedreck-ähnlichen Gebilde mit manchen in der Litteratur unter besonderem Namen beschriebenen Sklerotienbildungen übereinstimmen, soll hier nicht untersucht werden. Dass wenigstens das *Sclerotium uvae* (Desm.) und *Scl. vitis* (Peyl) hierher gehören, deutet auch schon Müller-Thurgau an.

Die augenblickliche Sachlage ist leider die, dass man in systematischen Werken einer Unmenge von *Botrytis*- und sogenannten *Sclerotium*-Arten begegnet, die kurzerhand von den Autoren auf grund einer flüchtigen Betrachtung oder des besonderen Substrats — denn von einer Untersuchung oder genaueren Beobachtung bez. einem Vergleich mit anderen ist gewöhnlich keine Rede — als naturgeschichtliche Species angesehen und benannt wurden. Es mag das für den ersten Anfang, und wo es sich um eine vorläufige Rubrizierung der Formen handelt, eine Berechtigung haben, jedenfalls kommt solchen Benennungen (*Sclerotium compactum* DC., *Sclerotium varium* Pers., *Scl. brassicae* Pers., *Scl. cepae* Berk. et B., *Scl. anthodiophilum* Rabh., *Scl. echinatum* Fuck.) — wie das auch Frank hervorhebt — aber ein Speciescharakter nicht zu. Wie wenig die Aufstellung einer ganzen Zahl von *Botrytis*-Arten begründet ist, lehren am besten die Diagnosen, und wohl mit Recht ist auch auf diesen Punkt immer wieder hingewiesen. So zog auch Frank bereits *B. vulgaris* Fr., *B. cana* Kze. u. Schm., *B. plebeja* Fres., *B. furcata* Fres. (nebst anderen Fresenius'schen Species), Sorauer und Müller-Thurgau dann die *B. acinorum* Pers. zu der gewöhnlichen *B. cinerea*. Man könnte hier aber — ohne der Möglichkeit, dass auch das Genus *Botrytis* durch eine Zahl von Species vertreten ist, nahezutreten — wohl noch erheblich weitergehen und alle zweifelhaften unbestimmbaren Arten mit ihr vereinigen oder mit Recht

vernachlässigen, sofern nicht durch besondere, auf Kulturversuchen beruhende Studien die Notwendigkeit des Gegenteils ausdrücklich dargethan würde.

Grössenverhältnisse[1]):

Conidienträger . . .	2—3 mm hoch
Stieldurchmesser . .	10—30 μ
Conidien	9—11 $\asymp$ 5—7
Sklerotien	bis 4 mm im Durchm.

1) Ich glaube noch ganz allgemein bemerken zu sollen, dass ich in Grössenangaben nicht etwa das alleinige Heil sehe, solche aber zur Stützung der Diagnose für unbedingt notwendig erachte. Mit Ausnahme einiger für *Mucor racemosus* gegebenen (von A. Fischer l. c. entlehnten) beziehen sich alle Zahlen auf eigene Messungen unter Zugrundelegung normaler Objekte.

2.

Über die physiologische Ungleichwertigkeit der Fumar- und Maleïnsäure und die antiseptische Wirkung der letzeren.

(Mit Tabelle.)

Schon vor längerer Zeit, und kurz nachdem E. Buchner[1]) einige Beobachtungen über die ernährungsphysiologische Verschiedenwertigkeit der in der Form von Ammoniaksalzen gebotenen isomeren Fumar- und Maleïnsäure publiziert hatte, waren Kulturversuche mit diesen beiden Säuren, und zwar in freiem Zustande, von mir in Angriff genommen; sie ergaben insofern das gleiche Resultat, als Pilzvegetationen nur auf den Lösungen der freien Fumarsäure zu ziehen waren, indes solche der Maleïnsäure keinerlei Pilzentwicklung aufkommen liessen. Dies Resultat erschien ja immerhin von einigem Interesse, aber es war an sich noch nicht eindeutig und forderte zu einer weitergehenden Bearbeitung der Frage auf. Es frug sich, auf welche bestimmende Ursache das Ausbleiben der Vegetation auf den Maleïnsäurelösungen zurückzuführen war, denn es konnte sowohl deren blosse Unfähigkeit für diesen bestimmten Fall als Kohlenstoffquelle zu dienen[2]), als auch eine gerade von ihr bereits in geringen

---

1) Berichte der Deutsch. Chem. Gesellsch. 1892. Jahrg. 25. 1. Quartal. p. 1161.

2) Es wird das z. B. von Buchner ohne gerade zwingenden Grund angenommen, und das Bestehen einer entwicklungshemmenden Wirkung verneint (l. c. p. 1162). Die Versuche desselben mit maleïnsaurem Ammoniak ergaben — übereinstimmend mit den meinen — ein nur recht dürftiges Wachstum der zwei Mycelpilze, welches aber thatsächlich nicht auf Reservestoffe der Conidien (wie derselbe meint), sondern auf eine wirkliche, freilich sehr unergiebige Verarbeitung des Säuremoleküls zurückzuführen ist. Natürlich kann man aber dies Faktum schliesslich in doppelter Weise erklären, wennschon auch für den Specialfall der Verwendung maleïnsaurer Salze nur die eine der beiden möglichen Deutungen zuzutreffen scheint. Anders aber, wenn dem Pilz die freie Säure geboten wird, denn hier wird sie nicht verarbeitet, und zwar allein weil sie selbst in geringer Konzentration ausgesprochen nachteilig wirkt. Und diese Deutung liesse sich in letzter Linie auch der anderen Thatsache geben, denn immerhin kann die Ursache der Nichtverarbeitung eines Stoffes sowohl in seiner Reaktionsunfähigkeit wie in der störenden

Konzentrationen ausgeübte schädigende (aseptische oder antiseptische)[1]) Wirkung in betracht kommen, wie wir solche ja mehrfach für freie organische Säuren, so u. a. auch für Oxalsäure und Ameisensäure kennen. Selbst bei thatsächlichem Vorliegen dieses letzteren Falles verlor das Faktum aber noch keineswegs an Bemerkenswertem, denn wir hätten alsdann in jenen beiden isomeren Säuren zwei Verbindungen von ganz entgegengesetztem physiologischen Verhalten vor uns: während die eine als relativ guter Nährstoff leicht im Plasma der Pilzzelle verarbeitet wird, hemmt die Gegenwart der anderen (unter übrigens gleichen Bedingungen, also auch bei gleicher Konzentration), deren Lebensthätigkeit. Damit ist nun freilich nicht notwendig das absolute Ungeeignetsein ihrer Atomgruppierung für Verarbeitung im Stoffwechsel verbunden, denn ähnliche Beispiele, wo die Zersetzbarkeit einer Kohlenstoffverbindung im Organismus von gewissen Nebenumständen (Konzentration, Verbindungsform etc.) abhängig, sind ja mehrfach bekannt. Und schliesslich bliebe auch noch die Frage, ob jenes mehr eine Eigentümlichkeit dieser Säure selbst oder nicht vielmehr der benutzten besonderen Pilzformen.

Zur weiteren Klarstellung wurden die Versuche alsdann in der für einen bestimmten Entscheid geeigneten Weise fortgeführt, und es sei hier über sie in der Reihenfolge ihrer Anstellung berichtet.

1. Versuchsreihe.

Zunächst wurden 6 Glaskolben mit je 50 ccm der 3-proz. Lösung unserer beiden Säuren[2]) zu ungefähr $^1/_4$ ihres Volumens gefüllt und als Nährsalz je 1 % des Gemisches von

---

Wirkung seines Umsatzes auf den Stoffwechselchemismus liegen, ohne dass seine blosse Anwesenheit gerade nachteilig zu sein brauchte.

Buchner's Folgerung, dass „der Maleïnsäure" antiseptische Eigenschaften abgehen, wäre zufolge seiner Versuchsanordnung naturgemäss auf das maleïnsaure Ammoniak zu beschränken.

1) cf. F. Hueppe, welcher bezüglich der Wirkung irgend eines Eingriffes auf Auskeimen, Wachstum und Leben von Mikroorganismen 5 Fälle unterscheidet (begünstigend, hemmend, aseptisch, antiseptisch, desinfizierend): „Methoden der Bakterienforschung". V. Auflage. 1891. p. 394.

2) Kahlbaum'sche Präparate; das für die ersten Versuche benutzte Material verdanke ich Herrn Prof. Merling; die späteren der Gefällig-

Ammonnitrat . . . . 1 Teil
prim. Kaliumphosphat . 0,5 „
krist. Magnesiumsulfat . 0,25 „

gegeben. Nach Verschluss mit Wattepfropf und einmaligem Aufkochen wurden die mit *Aspergillus niger* van Tiegh. und *Penicillium glaucum* Lnk. geimpften Kolben bei Zimmertemperatur aufgestellt und weiterhin dann folgendes konstatiert.

Auf der Fumarsäure entwickelten sich alsbald normale Decken der beiden Pilze, von denen insbesondere die von *Aspergillus* sich im Verlauf der nächsten Wochen voll ausbildeten und gleichmässig die bekannte tief braun-schwarze Farbe annahmen.

Dahingegen blieb eine Vegetation auf den Maleïnsäure-Lösungen gänzlich aus; weder oberflächliche noch submerse Mycelflocken traten in den dauernd wasserklaren Flüssigkeiten auf.

Dieser Befund bewies zunächst, dass eine dreiprozentige Lösung der Maleïnsäure für Kulturversuche aus irgend einem Grunde ungeeignet ist, und es frug sich, ob bei geringerer Konzentration das gleiche Resultat herauskam. Hierzu wurden nach rund 6-wöchiger Beobachtung jenen Lösungen je 50 ccm Wasser zugefügt, somit die Konzentration auf die Hälfte (1,5 %) gestellt, und von neuem mit notorisch keimfähigen Conidien geimpft.

Das Resultat war hier kein anderes, denn irgend welche Pilzbildungen blieben nach weiterhin mehrere Wochen fortgesetzter Versuchsdauer gänzlich aus.

Die zwei genannten Pilze waren somit auf der 1,5—3-proz. Lösung dieser Säure (unter Gegenwart der üblichen Nährsalze) nicht zur Entwicklung zu bringen. Immerhin war aber noch die Möglichkeit gegeben, dass vielleicht irgend welche andere Pilzformen unter diesen Bedingungen einen geeigneten Entwicklungsboden finden würden, und es wurden zur etwaigen Feststellung dieser Thatsache nunmehr die Watteverschlüsse sämtlicher Kolben entfernt, sodass die Kulturgefässe noch rund 9 Wochen offen weiter beobachtet wurden. Mehrfach ge-

---

keit des Herrn Prof. Ost. Alle anderen weiterhin angeführten Präparate sind die in Laboratorien als chemisch rein vorrätig gehaltenen.

langten jetzt kleinere Staubpartikelchen in dieselben und bedeckten die Flüssigkeitsoberfläche, aber keiner der zweifellos hineingelangten zahlreichen Organismenkeime gab zu einer Vegetation Veranlassung, sodass bei Abschluss des Versuches das Resultat wieder rein negativ war.

Damit war zunächst die Unfähigkeit der $1^1/_2$—3-proz. Maleïnsäurelösung, Pilzbildungen irgend welcher Art als Substrat zu dienen, sicher erwiesen, und es handelte sich nunmehr um Aufhellung der Ursache dieser Erscheinung. War letztere in einer etwaigen nachteiligen Wirkung der freien Säure begründet, oder eignete sich das Molekül derselben überhaupt nicht zur Verarbeitung im Stoffwechsel? Bei Zutreffen der zweiten Möglichkeit musste Abstumpfung der freien Säure (also Darbietung in Salzform) gleichfalls ohne Erfolg sein, während im ersteren Falle die gleichzeitige Darbietung eines notorisch guten Nährstoffes voraussichtlich ebenfalls zu keiner Pilzvegetation führen musste. Von diesen beiden Gesichtspunkten aus waren die Versuche also fortzusetzen, die Frage wurde entschieden durch:

1) Nachträgliche Neutralisation der freien Säure durch Ammoniak in einem Teil oben genannter, bisher steril gebliebener Versuchsgefässe, sowie andererseits durch Zusatz eines geeigneten Zucker-Quantums zu einem zweiten Teil derselben.

2) Kulturen der gleichen Pilze in Lösungen von maleïnsaurem Kali.

3) Pilzkulturen auf Zucker- und Eiweisslösungen bei Gegenwart von freier Maleïnsäure.

In der hier angegebenen Reihenfolge soll über dieselben berichtet werden.

2. Versuchsreihe.

1) Die Neutralisation der freien Säure (Lakmus als Indikator) brachte zunächst eine Änderung nicht hervor, denn auch in den nächsten Tagen trat noch keinerlei ins Auge fallende Vegetation auf. Bei weiterem Verfolg zeigte sich jedoch in den folgenden Wochen die vorher davon ganz freie Flüssigkeit mehrfach durch Pilzflocken getrübt, und ebenso er-

schienen auf der Oberfläche Mycelbildungen, welche längere Fadenmassen in das Innere der Flüssigkeit sandten. Die Vegetation war jedoch und blieb auch weiterhin wochenlang eine ausgesprochen dürftige, also von der Beschaffenheit, wie man sie auch sonst auf minderwertigen Nährlösungen gewöhnlich antrifft; immerhin kam es aber zur vollen Ausbildung ziemlich zahlreicher, jedoch ausnehmend kümmerlicher Conidienträger des *Aspergillus niger*. Dazu kam nun aber noch folgendes: Innerhalb der bei Beginn klaren Lösung trat allmählich eine merkliche Trübung durch Bakterienvegetation ein, welche die gesamte Flüssigkeit anfüllte und endlich einen ansehnlichen Bodensatz bildete. Bei dem voraufgegangenen Offenanderluftstehen der Versuchsgefässe war das natürlich für den Fall einer etwaigen Änderung des Nährwertes zu erwarten. Durch diese Entwicklung verschiedener Organismen nach Abstumpfung der Säure wird aber klar erwiesen, dass der Flüssigkeit nunmehr eine gewisse, wenn auch geringe, Nährfähigkeit innewohnte, und die Maleïnsäure als Ammonsalz somit der Verarbeitung im Stoffwechsel unterliegen kann. Die Ursache des Sterilbleibens der Lösungen unserer freien Säure unter verschiedenen Verhältnissen ist hiernach also nicht ohne weiteres auf deren Wertlosigkeit als Kohlenstoffe zurückzuführen, und wir müssen nach einer anderen Deutung suchen. Wenn ihr Molekül in Salzform, aber nicht in freiem Zustande, von der Pilz- oder Bakterienzelle verarbeitet wird, so muss für letzteres irgend ein Hindernis bestehen. Man könnte nun ja annehmen, dass es in freiem Zustande aus irgend einem dunklen, vielleicht in dem besonderen Aufbau desselben liegenden Grunde dafür nicht geeignet sei, doch hat das in Hinblick auf analoge Fälle weniger Wahrscheinlichkeit für sich; vielmehr scheint es wohl im ganzen annehmbarer, dass das Hindernis mit einer gerade von der freien Säure ausgeübten nachteiligen Wirkung in Verbindung steht. Das ist natürlich zweierlei, denn im ersteren Falle wäre die freie Säure als indifferent, im zweiten dagegen als direkt entwicklungshemmend zu bezeichnen. Nach allem, was wir bisher über ähnliche Vorgänge wissen, darf man wohl die zweite Deutung als im ganzen näher liegend bezeichnen. Der Entscheid ist übrigens leicht durch weitere Versuche zu erbringen und wurde in folgender Weise geführt.

Den steril bleibenden, freie Maleïnsäure enthaltenden Nährlösungen wurden je 3 g (6 %) Traubenzucker zugesetzt. Unter diesen Umständen war bei indifferentem Charakter derselben eine entsprechende Pilzvegetation zu erwarten. Der Ausfall entschied jedoch nach der anderen Seite, denn selbst nach 3 Wochen dauernder Beobachtungszeit waren alle Flüssigkeiten noch wasserklar und ohne Spur einer Vegetation. Auch das Einbringen einer ganzen Messerspitze *Aspergillus*-Sporen führte zu keiner Mycelentwicklung, solche schwammen vielmehr dauernd unverändert auf der Flüssigkeitsoberfläche.

Damit war also das Bestehen einer entwicklungshemmenden Wirkung der freien Maleïnsäure sicher erwiesen, und schon nach diesem Resultat liess sich schliessen, dass wir sie in näheren Vergleich mit Ameisensäure, Oxalsäure u. a. stellen dürfen. —

2) Ernährungsversuche mit maleïnsaurem Kali[1]). Das Resultat schloss sich dem des obigen Versuches mit maleïnsaurem Ammoniak insoweit an, als auch hier ohne Ausnahme das Auftreten von dürftigen Vegetationen konstatiert wurde; im einzelnen wich es darin ab, dass die benutzten Mycelpilze nur ein ganz verschwindendes Wachstum zeigten, während andererseits Bakterien in sehr reichlicher Menge die Flüssigkeiten erfüllten, sobald die Versuchsgefässe offen an der Luft standen. Gerade für diese — und zwar eine a. a. O. näher zu behandelnde Form derselben — liegt also ein geeigneter Entwicklungsboden vor.

Über die Einzelheiten der Versuchsanordnung sei bemerkt, dass 4 Kolben je 1,5 gr (3 %) maleïnsaures Kali (in 50 ccm der obigen Mineralsalzlösung) empfingen und die Aussaaten zunächst mit *Aspergillus niger*, *Penicillium luteum* Zuk., *P.*

---

1) Das aus freier Säure und Kaliumkarbonat (6 : 7,12 Teile) bereitete Präparat (krystallinische farblose Masse) war von alkalischer Reaktion (lakmusbläuend). Beilstein (Org. Chemie. II. Aufl. Bd. I. p. 616 f.) führt nur die Formeln der beiden theoretisch möglichen Salze ($KC_4H_3O_4 + \frac{1}{2} H_2O$ und $K_2C_4H_2O_4$) auf, von denen hier das zweite, neutrale, dargestellt wurde. Die alkalische Reaktion musste von vornherein das Auftreten von Bakterien begünstigen, sodass immerhin die Möglichkeit bleibt, dass die Nährfähigkeit für Mycelpilze noch merklich besser ist, als sie oben gefunden wurde. Wir lassen das hier aber dahingestellt.

glaucum Lnk. und *Citromyces Pfefferianus* m. gemacht wurden. Von diesen zeigte nur die erste Species eine immerhin merkliche Entwicklung zu dürftigen Rasen und submersen Flocken, während der Erfolg bei den anderen kaum wahrnehmbar und so gering war, dass nach Verlauf der ersten Woche der Watteverschluss entfernt und nunmehr das Resultat einer Luftinfektion abgewartet wurde. Schon nach 3 Tagen war dann hier überall Bakterientrübe vorhanden, die nach einigen weiteren Wochen zu einem ansehnlichen grauen, mit kleinen Krystallen vermengten Bodensatz führte.

Als Alkalisalz ist der Säure somit eine gewisse Nährfähigkeit insbesondere für Spaltpilze nicht abzusprechen, und es wird auch durch diese Versuche der obige Befund erhärtet. Den etwaiger Einwurf des Mitspielens im ganzen schwer auszuschliessender, spurenhafter, zu jener Vegetation Veranlassung gebenden Verunreinigungen, welches ja immerhin zu einer Täuschung führen könnte, erachte ich in Hinblick auf mehrere hier nicht weiter zu erörternde Thatsachen für so gut wie ausgeschlossen [1]). —

3) Kulturversuche auf Zucker- und Eiweisslösungen bei Gegenwart freier Maleïnsäure. Der Ausfall der obigen Versuche forderte zu einer weiteren Fortsetzung auf, um sowohl die Thatsache der entwicklungshemmenden Wirkung der freien Säure durch eine etwas grössere Zahl von Experimenten sicherer zu stützen, als auch um das Mass dieser Wirkung noch genauer zu bestimmen. Das geschah in folgender Weise.

Es wurde eine Reihe von Versuchsgefässen mit für Bakterien und höhere Pilze sehr geeigneten Nährlösungen teils offen aufgestellt, teils nach zuvoriger Sterilisation und Watteverschluss mit Pilzsporen geimpft; ein Teil davon erhielt einen Zusatz von $^1/_3$—2 % kryst. Maleïnsäure, während der andere Teil ohne solchen blieb. Als Substrate dienten Traubenzucker

---

1) Beweisend sind hier u. a. die genannten Krystallbildungen, welche nur als Zersetzungsprodukte gedeutet werden können und in ganz gleicher Weise auch in anderen Fällen auftreten (in Kulturen auf Salzen organischer Säuren — weinsaures, citronensaures, milchsaures etc. Ammoniak, Kali, Natron). Ihre chemische Natur bedarf noch der Aufklärung.

(6 %) und Blutalbumin (gesättigte Lösung), ersterer sowohl mit anorganischen Nährsalzen (cf. oben) wie mit Pepton als Stickstoffquelle; im übrigen waren Gefässe und Volumina (50 ccm) die obigen. Bezüglich der Einzelheiten auf die tabellarische Zusammenstellung am Schluss der Arbeit verweisend, sei über die Resultate hier folgendes bemerkt.

Die ohne Maleïnsäurezusatz angestellten Versuche zeigten alsbald die bekannte Veränderung, das heisst also, die mit bestimmten Pilzen geimpften produzierten ihre charakteristische Vegetation, und die frei an der Luft stehenden, spontan infizierten bildeten je nach ihrer besonderen Beschaffenheit Schimmeldecken (Zuckerlösung mit anorganischen Salzen) oder Bakterientrübe (Zucker mit Pepton sowie Albuminlösungen), letzteres in den eiweissreichen Flüssigkeiten unter Auftreten des bekannten faulen Geruchs.

Dagegen verliefen die maleïnsäurehaltigen Versuche ganz abweichend. In den offenstehenden Albuminlösungen mit 0,3—0,5 % Säurezusatz war noch nach 12 Tagen eine — oben bereits nach 3—4 Tagen sehr intensive — Veränderung nicht eingetreten und blieben dieselben wochenlang geruchfrei. Ebenso blieb die Entwicklung von Organismen in allen mit 2 % der Säure versetzten Zuckerlösungen aus, und auch diese veränderten trotz mehrwöchentlicher Versuchsdauer ihr Aussehen nicht. Zu solchen hatte jedoch ein geringerer Säurezusatz (0,3 %) nur noch einen die auftretende Schimmelvegetation stark verzögernden Einfluss, und derselbe wirkt hier somit nicht in gleichem Masse störend wie auf die Spaltpilzentwicklung in einem ausgesprochen fäulnisfähigen Medium.

Die nachteilige Wirkung unserer freien Säure auf pilzliche Organismen verschiedener Art ist damit einwurfsfrei erwiesen. Im einzelnen hängt dieselbe natürlich von der Konzentration ab, wie das ja auch für eine ganze Reihe anderer organischer Säuren hinlänglich bekannt ist, und ebenso werden die verschiedenen Pilzformen offenbar in ungleicher Weise beeinflusst werden. Interessant ist immerhin die Thatsache, dass es bereits einer relativ geringen Quantität bedarf, um jedwede Vegetation auch in den besten Nährmedien auszuschliessen, und dass speciell Eiweisslösungen, diese notorisch exquisit fäulnisfähigen Substrate, bereits durch Bruchteile von Prozenten der Säurekonzentration dem Verderben widerstehen. Weniger empfind-

lich erscheinen den Spaltpilzen gegenüber die Mycelpilze, aber auch hier reichen noch 2—3 % zum Ausschluss jedweder Entwicklung hin.

Bei wesentlich unterhalb der genannten liegenden Konzentrationen ist der Einfluss nur noch ein verzögernder, und die Säure schliesst sich somit bezüglich ihres Verhaltens enger zunächst an die Oxalsäure an; wie diese [1]) so wird auch sie ohne Zweifel, bei Darbietung in relativ geringer Menge, von dem bezüglichen Organismus zersetzt werden, denn hierfür spricht bereits die oben gezeigte Thatsache der Verarbeitung ihrer Salze. Unerledigt bleibt dabei nur noch der Punkt bezüglich des Verhaltens stärkerer Lösungen auf vegetative und ruhende Zellen. Wir haben oben nur konstatiert, dass die bei einer gewissen Konzentration zu beobachtende störende Wirkung sich auf ein Verhindern der Sporenkeimung (Mycelpilze) bez. der Zellvermehrung (Bakterien) bezieht. Bezüglich der Art oder der Ursache dieser sind aber wieder zwei Möglichkeiten gegeben: entweder beruht sie auf einem wirklichen Abtöten der Keime oder auf einer blossen Entwicklungshemmung, also einer nur temporären Beeinflussung oder Schädigung, die aber gelegentlich wohl auch in eine dauernde übergehen könnte. Voraussichtlich spricht da die Konzentration und Einwirkungsdauer mit, sodass wir dann bezüglich der Wirkung eine allmähliche Steigerung — von einer kaum wahrnehmbaren Hemmung bis zu einer irreparablen Schädigung — vor uns hätten. Zwar wissen wir für die Kohlensäure — die aber mit der vorliegenden Säure enger kaum vergleichbar ist — dass dieselbe Auskeimen von Pilzsporen wochenlang verhindern kann [2]), solches aber dann nach Herstellung normaler Verhältnisse doch noch erfolgt; allerdings nicht ohne einige schädliche Nachwirkung. Für niedere Konzentrationen unserer Säure dürfen wir — auch in Analogie mit der Wirkung anderer organischer Säuren [3]) — wohl ein Ähnliches annehmen, und somit von einer anti- bez. aseptischen Wirkung sprechen. —

---

1) Wie ich bei anderer Gelegenheit ziffermässig nachwies („Oxalsäure-Entstehung bei Pilzen". Botan. Zeitg. 1891).

2) „Citronensäuregärung" Heft I dieser Beiträge.

3) cf. Thol und H. Schulz weiter unten.

Ein Vergleich derselben mit jener anderer freien Säuren mag endlich ihr Bild vervollständigen. Es wurden dazu herangezogen einmal solche, die bei geringer Konzentration nur wachstumshemmend, im übrigen aber für manche Fälle merklich nährfähig wirken (Weinsäure, Citronensäure), weiterhin solche, denen die letztere Eigenschaft fast ganz (Oxalsäure) oder gänzlich (Salzsäure) abgeht, und endlich die ausgesprochen antiseptische Salicylsäure neben der Benzoesäure[1]). Jedenfalls ist bei den erstgenannten Kohlenstoffverbindungen die Möglichkeit der Verarbeitung im Stoffwechsel allein von der Konzentration abhängig, wobei aber naturgemäss auch die specifische Qualität des Organismus mit in Frage kommt, denn bereits früher[2]) wurde von mir gezeigt, dass unter Umständen die freie Säure gerade ein geeigneteres Substrat als ihre chemisch indifferenten Salze bildet.

3. Versuchsreihe.

Um eine Entwicklung von Pilzkeimen nicht ganz auszuschliessen, vielmehr solche nur zu verlangsamen, wurde die Konzentration der genannten Substanzen zu 0,5 % gewählt. Unter diesen Verhältnissen wirkt also bei Gegenwart geeigneter Nährstoffe Maleïnsäure nach obigem nur noch hemmend auf Mycelpilzformen, und Ähnliches gilt für Oxalsäure nach früheren Bestimmungen[3]). Salicylsäure und Benzoesäure wurden

---

1) Eingehendere Versuche über die Wirkung einer Reihe organischer Säuren (Ameisensäure, Essigsäure, Propion-, Butter-, Oxal-, Milch-, Bernstein-, Wein-, Äpfel- und Citronensäure) auf Eiweissfäulnis und Alkoholgärung liegen u. a. noch von H. Thol vor („Über den Einfluss nicht aromatischer organischer Säuren auf Fäulnis und Gärung". Inaug.-Dissert. Greifswald 1885). Am wirksamsten fand derselbe Ameisen- und Oxalsäure, als am wenigsten leistend die drei Fruchtsäuren nebst Milch- und Bernsteinsäure (l. c. p. 42).

Über den Einfluss von Essig-, Milch-, Ameisen-, Propion-, Butter-, Capron- und Salicylsäure speciell auf Hefe- und Alkoholgärung wurden mehrfach Mitteilungen gemacht (Hayduck, Märcker); ebenso bekannt ist die besondere Wirkung anorganischer Säuren (Ad. Mayer, Effront u. a.).

2) „Oxalsäureentstehung".

3) Ebendas., sowie auch bei Thol. l. c.

in gesättigten Lösungen (Konzentration: ca. $^1/_{18}$ bez. $^1/_6$ zu 100) angewandt. Sämtliche Versuchsgefässe erhielten einen Zusatz von 6 % Stärkezucker neben den obengenannten Mineralsalzen; ausserdem wurde der Einfluss von Salicyl- und Benzoesäure zwecks Vergleichs mit dem obigen der Maleïnsäure noch auf Albuminlösung (rohes Blutalbumin) festgestellt. Alle Flüssigkeiten standen nebst den Kontrollversuchen (ohne Säurezusatz) dem freiwilligen Verderben ausgesetzt an freier Luft (Erlenmeyer-Kolben, mit je 25—50 ccm Lösung).

Als Ergebnis der unten detailliert zusammengestellten Versuche sei hier folgendes aufgeführt. Während die Kontrollversuche schon nach wenigen Tagen lebhafte Schimmelvegetation entwickelten, fand sich diese in allen mit den genannten Säuren versetzten mehr oder weniger langsam ein und unterblieb während der hier auf 8 Wochen ausgedehnten Versuchsdauer mit Salicyl- und Benzoesäure ganz. In jenen traten zunächst submerse Mycelflocken und weiterhin auch die ersten Deckenanfänge in Form kleinerer, meist grüner Rasen (fast ausnahmslos aus *Citromyces Pfefferianus* m. bestehend) auf. Am widerstandsfähigsten erwiesen sich dabei die mit Maleïnsäure versetzten Nährlösungen, sodass der Einfluss dieser Säure hiernach noch den der Oxal- und Salzsäure um ein Geringes übertraf, der der Citronen- und Weinsäure dagegen merklich schwächer war und bald zu einer jener der Kontrollgefässe fast gleichen üppigen Vegetation führte. Nach Verlauf einiger Wochen war das Aussehen sämtlicher Versuchsgefässe bereits ein ziemlich übereinstimmendes, während 1 Woche nach Beginn noch die Wirkung der drei erstgenannten Säuren sehr merklich ins Gewicht fiel.

Obschon mit der Salicyl- und Benzoesäure wenigstens für zuckerhaltige Flüssigkeiten nicht vergleichbar, wirkt somit die Maleïnsäure auf diese doch wenigstens in gleichem Masse konservierend wie Salzsäure oder Oxalsäure derselben (0,5-proz.) Konzentration, während sie die Entwicklung fäulniserregender Spaltpilze in Eiweisslösungen mit nahezu der der Salicylsäure gleichen Stärke zurückhält.

Ob diese Eigenschaft etwa für gewisse Fälle von praktischer Bedeutung ist, bleibe dahingestellt. Jedenfalls verbietet ihr hoher Handelswert schon von vornherein irgend welche umfangreichere Verwendung, zumal durch wohlfeilere Verbindungen

wenigstens der gleiche Erfolg erzielt wird. Etwaige Vorteile böte sie nur durch leichte Wasserlöslichkeit und den kaum merklichen oder doch nicht gerade unangenehmen Geschmack ihrer verdünnten Lösungen, andererseits ist aber über die physiologische Wirkung auf den höheren Organismus — welche sich möglicherweise der der Oxalsäure anschliessen könnte — noch nichts bekannt.

Endgiltig wenden wir uns zu einem kurzen Résumé der Gesamtresultate.

Das Molekül der Maleïnsäure unterliegt allerdings gleich wie das der Fumarsäure, jedoch merklich träger und bezüglich der Wirkung kaum mit jener vergleichbar, der Verarbeitung im Stoffwechsel, sodass ihr Kohlenstoff unter Umständen noch als Quelle für die den Organismus aufbauenden Kohlenstoffverbindungen Verwendung finden kann. Das gilt nach den bisherigen Resultaten freilich im ganzen weniger für Mycelpilze als gerade für einige Bakterien.

Bedingung für diese mehr auf bestimmte Fälle beschränkte und wenig ergiebige Nährfähigkeit ist jedoch die Darbietung in einer die Lebensfähigkeit der bezüglichen Organismen nicht offenbar nachteilig beeinflussenden Verbindungsform und als solche dürfen zunächst die Alkalisalze angesehen werden. Freie Säure dagegen ist hierfür auf grund ihrer ausgesprochen nachteiligen Wirkung, welche die Entwicklung von Organismen selbst in übrigens guten Nährlösungen bereits von $^1/_3\,^0/_0$ ab hemmt und oberhalb $2—3\,^0/_0$ ganz ausschliesst, nicht geeignet.

Dieser dem der Oxalsäure und im allgemeinen auch dem vieler anderer Säuren [1]) gleichende nachteilige Einfluss ist zum Teil in ihrer Qualität als freie Säure begründet, ohne dass hiermit jedoch eine voll ausreichende Erklärung gegeben ist, denn der chemische Charakter als Säure ist nicht gerade durchweg mit einer Vegetationshemmung — als notwendiger Folge — verbunden, vielmehr verhalten sich dem Organismus gegenüber die einzelnen Säuren ziemlich verschieden, auch wo ihre

1) Cf. u. a. Thol, l. c., H. Schulz („Antisept. Eigenschaften der Citronensäure" in Deutsch. med. Wochenschr. 1883. No. 27).

Acidität im übrigen annähernd gleich ist. Das lehrt u. a. bereits der Vergleich mit der Fumar-, Wein-, Citronen- und Chinasäure, welche trotz zum Teil ausgesprochen sauren Charakters doch unmittelbar recht gute, und teilweise selbst bessere Substrate als ihre löslichen Salze, abgeben. Es muss somit bei der Maleïnsäure noch etwas anderes, in ihrem besonderen Wesen liegendes hinzukommen, worauf im übrigen auch bereits die ausgesprochen mindere Nährfähigkeit ihrer Salze hindeutet.

Die Verschiedenartigkeit der isomeren Fumar- und Maleïnsäure findet somit auch in deren physiologischem Verhalten einen Ausdruck, und dieser Punkt ist wohl deshalb hervorzuheben, weil er darthut, wie keineswegs die chemische Konstitution, und die speciellere Natur der das Molekül aufbauenden chemischen Gruppen, für den Nährwert — also die Möglichkeit einer Umarbeitung im Stoffwechsel — allein entscheidend ist, ebensowenig wie aus alleiniger Berücksichtigung jener das verschiedene sonstige Verhalten der zwei Säuren erklärt werden kann. Wie zur Erklärung dieses, so müssen wir auch zu der der physiologischen Ungleichwertigkeit auf anderes zurückgreifen. Andeutungsweise sei hier nur folgendes bemerkt.

Die frühere Auffassung der Art und Weise des Isoomerieverhältnisses war insofern eine abweichende, als man eine thatsächliche Differenz in der Zusammensetzung der das Molekül konstituierenden Gruppen (der chemischen Struktur) annahm. Damit liess sich immerhin noch, wenn auch mit einigem Zwang, eine rein chemische Betrachtungsweise über das für die Nährfähigkeit in diesem Falle Ausschlaggebende retten, denn hiernach hatte man für die eine der zwei Säuren eine CH_2-Gruppe neben einem mit allen 4 Valenzen an andere Kohlenstoff-Atome gebundenen, bez. einem 2-wertigen Kohlenstoffatom, indes die andere (Fumarsäure) dafür zwei einander gleiche CH-Gruppen aufwies:

Fumarsäure	Maleïnsäure		Maleïnsäure
COOH	CH_2		COOH
|	||		|
CH	C—COOH	oder	C=
||	|		|
CH	COOH		CH_2
|			|
COOH			COOH [1])

1) cf. Richter, „Organische Chemie". 2. Aufl. 1880. p. 400.

Allerdings stand man auch hier wohl vor einer — im Ernst genommen — unlöslichen Schwierigkeit, um nur eine halbwegs befriedigende Erklärung des verschiedenen Verhaltens abzugeben; immerhin konnte aber letzteres doch noch mit einer offenbaren Strukturverschiedenheit in Zusammenhang gebracht werden.

Auf Grund des Verhaltens gegen Brom (beide Säuren geben dieselbe Dibrombernsteinsäure) nimmt man nun aber zur Zeit die gleiche Strukturformel für beide Säuren an[1]), sodass selbe also mit der soeben für die Fumarsäure angegebenen übereinstimmt. In weiterer Konsequenz muss man sich dann offenbar die ungleichen Eigenschaften in anderer Weise deuten und es bleibt da wohl nichts, als zur Annahme räumlicher Unterschiede in der besonderen Anordnung der einzelnen Atome oder Gruppen zu greifen (physikalische Isomerie). Pflichten wir aber dieser Annahme bei, so ergiebt sich dann, dass gerade die letztere, bez. deren Folgen, gleichfalls Ursache des abweichenden physiologischen Verhaltens sein muss, ohne dass die Qualität der ja übrigens identischen chemischen Gruppen hierbei also in Frage kommt[2]); ein Molekül von dem besonderen räumlichen Aufbau jenes der Maleïnsäure erscheint somit nicht allein weniger geeignet für Nährzwecke im allgemeinen, sondern in freiem Zustande auch dem Fortgang des Stoffwechselchemismus merkliche Schwierigkeiten, und zwar bis zu dessen vollständiger Störung, zu bereiten und wir hätten hier, wie ich glaube, den ersten Fall, dass nicht chemische, sondern geometrische Unterschiede die direkt nachteilige („giftige") Eigenschaft einer Verbindung bedingen, übrigens vorausgesetzt, dass diese in einer gewissen nicht allzu niederen Konzentration zur Verwendung kommt[3]). Worin

1) Lothar Meyer, „Grundzüge der theoretischen Chemie". Leipzig 1890. p. 98. Richter entscheidet sich in der 2. Auflage seines Lehrbuchs noch mehr für die zweite der obigen Formeln.

2) Derartiges finden wir bekanntlich auch bei einigen Zuckerarten wieder. Die Beziehung der Gärfähigkeit zum geometrischen Bau des Moleküls wurde wiederholt von Emil Fischer erörtert. (cf. E. Fischer und H. Thierfelder, „Verhalten der verschiedenen Zucker gegen reine Hefen" in Ber. d. D. Chem. Gesellsch. XXVII. p. 2032.)

3) Das hat jedoch Giltigkeit für jedes Gift; und Unterschiede bestehen nur bezüglich der Grenze, bis zu welcher die nachteilige Wirkung zum Ausdruck kommt.

nun aber gerade das Hinderliche bei einer solch' besonderen Gruppierung der Atome — gegenüber den ganz ähnlich gestellten der Fumarsäure — liegen soll, und diese Frage werden wir doch in letzter Linie stellen wollen, ist einstweilen unverständlich. Es lässt sich das zur Zeit ebensowenig begreifen, wie etwaige anderweitige Eigenschaften als Funktionen der besonderen Molekularstruktur. Im übrigen wollen wir aber nicht vergessen, dass die letztere zunächst nur ein als Hypothese dastehender Rückschluss aus eben jenen verschiedenartigen Eigenschaften ist, und somit diese eigentlich das Reale sind, mit dem wir hier zu rechnen haben.

Bezüglich des experimentellen Details sei auf die Zusammenstellung der folgenden Seiten verwiesen.

Übersicht der Resultate.

I. Die freie Maleïnsäure in der Konzentration von 0,5 bis 3% ist für Pilze und Bakterien kein Nährstoff.
(Versuchsdauer vom 17. I. bis 9. III.)

Versuchsbedingungen	Resultat
1) 50 ccm Mineralsalznährlösung, 1,5 gr Maleïns. (3%) (mit *Aspergillus niger* geimpft)	Andauernd wasserklar und ohne Spur einer Vegetation
2) Desgl. (mit *Penicill. gl.* geimpft)	Ebenso
3) Desgl.	Ebenso
4) 100 ccm desgl., jedoch Konzentration der Säure nur $1^1/_2$ % (Luftinfektion) [1])	Ebenso
5) Desgl. (Luftinfektion)	Ebenso
6) Desgl., doch Konzentration der Säure 0,5% (Luftinfektion)	Ebenso

II. Maleïnsaure Salze sind dagegen in einem gewissen Grade nährfähig und ermöglichen eine Vegetation von Mycelpilzen und Bakterien.
(Versuchsdauer vom 22. I. bis. 23. VI.)

Versuchsbedingungen	Resultat
7) 100 ccm Mineralnährlösung mit ca. 1,6 gr maleïnsaurem Ammoniak (1,6%) (*Aspergillus niger*-Auss.)	Langsam bildet sich eine dürftige, braunschwarze Pilzdecke neben submersen Mycelien und späteren Bakterienvegetationen
8) 50 ccm Mineralnährlösung mit 1,5 gr maleïns. Kali (3%) (*Asperg. nig.*)	Die Keimung der Sporen führt zu sehr dürftigen Pilzrasen und submersen Flocken bereits innerhalb der ersten Woche; später reichlich Bakterien.
9) Desgl., aber offen an der Luft stehend	Nach 3 Tagen bereits stetig an Intensität zunehmende Bakterientrübe. Bei Abbruch dieser Versuche (7—10) alle mit reichlichem von kleinen Krystallen durchsetztem Bakterienbodensatz.
10) Desgl.	Ebenso
11) Desgl., aber mit verd. Phosphorsäure angesäuert	Allmähliche Entwicklung submerser schleimiger Flocken und späterer reichlicher Bakterientrübe

1) Offenstehenlassen der Versuchsgefässe. — Sämtliche Versuche wurden bei mittlerer Zimmertemperatur ausgeführt (13—18° C).

III. Der Grund der mangelnden Nährfähigkeit der freien Säure (cf. I) ist in der aseptischen Wirkung dieser gelegen.

(Versuchsdauer vom 20. I. bis 10. III. 1894.)

Versuchsbedingungen	Resultat
12) 25 ccm Albuminlösung (Blutalbumin), wie weiterhin in Glaskolben offen aufgestellt (Kontrollversuch)	Fault nach 3—4 Tagen (Geruch) und weist neben Bakterientrübe reichlich Bakterienbodensatz auf
13) Desgl. (Kontrollversuch)	Ebenso
14) Desgl., doch mit Zusatz von 25 ccm einer 1 %tigen Maleïnsäurelösung (0,5 %)	Nach 7 Wochen noch geruch- und vegetationsfrei
15) Desgl. mit 15 ccm der 1 %-igen Maleïnsäurelösung (0,3 %)	Nach 6 Wochen schwacher Geruch neben Pilzbildungen
16) 50 ccm einer 7 %igen Traubenzuckerlösung mit Mineralsalzen und Pepton als N.-Quelle (Kontrollversuch)	Trübt sich durch Spaltpilzvegetation bereits nach 2 Tagen.
17) Desgl., doch mit 1 gr. Maleïnsäure (2 %) und Einsaat reichlicher Pilzsporen (*Aspergillus*, *Penicillium*)	Nach 7 Wochen noch wasserklar und ohne jede Vegetation
18) Desgl. ohne Maleïnsäurezusatz, sterilisiert und mit *Penicill. gl.* geimpft (Kontrollversuch)	Nach 8 Tagen gut entwickelte grüne Schimmeldecke und submerse Flocken
19) Desgl. mit 2 %iger Maleïnsäure und mit *Penic. gl.* geimpft	Dauernd ohne Vegetation
20) Desgl. ohne Maleïnsäurezusatz Luftinfektion (Kontrollversuch)	Nach 4 Tagen Bakterientrübe und mit Pilzhäutchen
21) Desgl. mit 2 %iger Maleïnsäure und *Asperg. niger*-Aussaat	Bleibt vegetationslos
22) 50 ccm Ammonnitrat-Nährlösung mit 10 % Traubenzucker u. 25 ccm einer 1 %igen Maleïnsäurelösung versetzt (also $^1/_8$ % kryst. Säure) *Citromyces Pfefferianus*-Aussaat	Nach 4 Tagen beginnt langsame Mycelentwicklung, die nach 12 Tagen zu oberflächlichen grünlichen Polstern angewachsen ist

IV. Vergleich der Wirkung der Maleïnsäure mit derjenigen einiger anderen Säuren auf die Haltbarkeit notorisch leicht schimmelnder Traubenzuckerlösungen.
(Erlenmeyer-Kolben ohne Watteverschluss, Beginn der Versuche am 22. I.)

Versuchsbedingung	Resultat: Am 24. I.	Am 25. I.	Am 30. I.
23) 100 ccm 5%iger Zuckerlösung mit $^1/_2$% Ammonnitrat etc.			
a) Zusatz von Maleïnsäure (0,5% kryst.)	Ohne Vegetation	Spuren subm. Flocken	Submerse Mycelien und 2 dürftige oberfl. Polster
„ „ „ „	„	„	Nur submerse Mycelien
b) Zusatz von Oxalsäure (0,5% kryst.)	Ohne Vegetation	Am Boden der Flüssigkeit kleine Flocken	Submerse Flocken reichlich u. 5 oberfl. grünl. Polster von $^1/_2$ cm Durchm.
„ „ „ „	„	„	Submers wie vorher, oberfl. 7 Polster von 0,5 cm Dm.
c) Zusatz von Salzsäure (0,5% konz. S.)	Einzelne Mycelflocken am Boden	Zunahme der submersen Flocken	6 oberfl. zartgrüne Polster von 1 cm. Dm. u. subm. Flocken
„ „ „ „	„	„	7 oberfl. Polster wie vorher und subm. Mycel.
d) Zusatz von Weinsäure (0,5% kryst. S.)	Mehrere grosse subm. Mycelflocken	Bereits zarte obfl. Polster nebst viel subm. Flocken	Zahlreiche grüne oberflächl. Rasen bis 1 cm Durchm.
„ „ „ „	7 grosse subm. Flocken	„	
e) Zusatz von Citronensäure (0,5% kr. S.)	Zahlreiche grosse subm. Flocken (mehr als i. d. Weinsäurelösung)	Oberfl. Polst. u. vereinz. subm. Flocken	Zahlr. grüne Rasen v. 1 cm Dm. u. subm. Mycelfl.
„ „ „ „			
f) Ohne Zusatz (Kontrollversuch)	Zahlr. subm. Flocken und Anfänge der Deckenbildung	Rascher Fortschritt i. d. Deckenbildung	Dichte grüne Rasen (1—2 cm Durchm.) u. subm. Flocken (Maximum)
„ „ „			
g) Zus. v. Benzoesäure (bis zur Sättigung)	Dauernd (vom 22. I. bis 9. III. 1894) ohne Vegetation		
h) Zus. v. Salicylsäure „	„ „ „		
„ „ „	(bei g—h der gleiche Ausfall auch mit einer Albuminlösung)		

3.

Die Nährfähigkeit von Natriumsalzen für Pilze.

(Mit 3 Tabellen.)

Inhalt.

I. Allgemeines und Litteratur . . . . . p. 107
II. Experimentelles . . . . . „ 117
III. Zusammenfassung . . . . . „ 125
IV. Zusammenstellung der Kulturresultate . . . . . „ 138

I. Allgemeines und Litteratur.

Nach den bisher darüber vorliegenden Untersuchungen bedarf es für die Ernährung der darauf geprüften Phanerogamen und Kryptogamen neben gewissen anderweitigen Verbindungen auch solcher des Kaliums, und speciell ist ein erfolgreicher Ersatz dieser durch die gleichen Natriumsalze immer da unthunlich, wo nicht Gelegenheit zur gleichzeitigen Aufnahme einer Kaliumverbindung gegeben ist. Für einige Phanerogamen sind wir jedenfalls zu der Annahme berechtigt, dass wenigstens unter solchen Umständen sonstwie geeignete Natriumsalze von ihnen thatsächlich verarbeitet werden [1]).

Soweit die Erfahrungen reichen, ist für Pilze die Möglichkeit dieses Prozesses bei Abwesenheit von Kaliumverbindungen ausgeschlossen — wenigstens ist das die Deutung, wie man sie den bisherigen Versuchsresultaten (— ob mit Recht, ist noch des näheren zu erörtern —) gegeben hat. Die einzelnen zu diesem Resultat gelangten Forscher bedienten sich für ihre Kulturen der käuflichen Mineralsalze, sie lieferten jedoch nicht den Nachweis, dass ihre Versuchsbedingungen der angenommenen Voraussetzung genau entsprachen, sondern schlossen indirekt aus dem etwaigen Kulturmisserfolge auf das thatsächlich Zutreffende derselben, während andererseits das teilweise Gelingen der Kulturversuche ohne gerade zwingenden Grund auf angebliche Verunreinigung durch Kaliumverbindungen zurückgeführt wurde. Die beschränkte Zahl der bisher angestellten Experimente ist aber in Hinblick auf die notorische Thatsache der häufigen Ungleichmässigkeit im Wachstum bei sonst ganz gleichgestellten Kulturen geeignet, zu einiger Reserve aufzufordern, sowie andererseits den Wunsch

---

1) Die speciellere Litteratur, auf welche hier nicht näher eingegangen werden soll, findet man in den Handbüchern von Pfeffer, Frank u. a.

einer nochmaligen, auf umfangreichere Versuche sich stützenden, Bearbeitung dieser Frage nahezulegen.

Es ist also zunächst zu entscheiden, ob auf Kulturflüssigkeiten, die als Mineralsalze allein Natriumverbindungen — und von diesen kommen nur das Nitrat und Phosphat wirklich in betracht — enthalten, überhaupt ein Wachstum stattfindet, und weiterhin, welcher Art etwaigenfalls dasselbe ist, ob es sich also gleichmässig durch besondere Eigentümlichkeiten auszeichnet und anderes. Zu einer sicheren Beantwortung sind die bisherigen, nur auf vereinzelte Kulturversuche sich stützenden kurzen Beobachtungen nicht ausreichend, ihre Resultate sind schwankend und sichtlich von Zufälligkeiten beeinflusst, obschon jedenfalls feststeht, dass eine Vegetation überhaupt wohl fast nirgend fehlte, solche aber im einzelnen sehr variable Werte zeigte. Des weiteren geben aber solche aus weiter zurückliegender Zeit datierende Kulturversuche der Kritik so manchen Einwand an die Hand, dass ihre Vollgiltigkeit wohl bezweifelt werden darf.

An der Hand einer ausreichenden Zahl von Versuchen habe ich die gesamte Frage also noch einmal zu beantworten versucht, und gelangte dabei — wie hier vorweg bemerkt werden mag — zu dem Resultat, dass derartig zusammengesetzte Substrate — und das sei hier vor allem betont — sehr wohl nährfähig sind, und weiterhin nutzbare Natriumsalze auch ohne besondere Zugabe von solchen des Kalium in ausgedehnter Weise im Stoffwechsel zerlegt werden können. Allerdings ist die hierfür und somit auch für die Entwicklung der Vegetation erforderliche Zeitdauer eine ungleich längere, aber trotzdem erhalten wir endgiltig ein mit dem von kaliumsalzreichen — also Kaliumnitrat und -phosphat enthaltenden — Kulturen sehr wohl vergleichbares Resultat.

Ich stelle mich dabei von vornherein noch nicht auf den Standpunkt, dass nun meine Kulturlösungen absolut frei von spurenhaften Beimengungen irgend einer Kaliumverbindung unbestimmter Qualität waren[1]), sondern betone einstweilen nur,

1) Trotzdem ich hier auf die Thatsache hinweisen könnte, dass Phanerogamen unter solchen Umständen unbedingt auf den Kalisalzmangel reagieren, die Spuren also nicht in betracht kommen. Warum

dass die bisher gezogenen Folgerungen über die Unmöglichkeit der Verarbeitung von Natriumsalzen und das Nichtvorhandensein einer Nährfähigkeit bei Kulturlösungen ohne besonderen Zusatz von Kaliumverbindungen im allgemeinen nicht zutreffend sind. Damit wird aber bereits der aus der entgegengesetzten Beobachtung gezogene Schluss früherer Beobachter, welcher die Notwendigkeit der Gegenwart jenes Elements ausspricht, wesentlich erschüttert, und scheint mir einstweilen auch durch irgend welche Einwände, die sich doch immer nur mehr oder weniger auf eine hypothetische Basis stellen, nicht zu retten. Es ist wohl zu beachten, dass sich eben diese Ansicht bezüglich des fraglichen Elements erst auf grund des negativen Ausfalls früherer Versuche — nach Deutung der Beobachter — bildete, und nunmehr erst die verschiedenen Hypothesen zur Erklärung der eigenartigen Erscheinung konstruiert wurden; wir befinden uns also wohl im Irrtum und würden einen logischen Fehler begehen, wenn wir jetzt diese — also die Annahme irgend welcher „Funktionen" desselben — als Gründe gegen den stark verschobenen eigentlichen Sachverhalt anführen. Nutzbare Kaliumsalze sind unstreitig eine im ganzen weit zusagendere Nahrung für die unten genannten Pilze, das schliesst aber weder aus, dass nun auch die des anderen Metalls eine Verarbeitung erfahren, noch beweist es, dass ihre Gegenwart in allen Fällen erforderlich ist; es ist schon ein Fehlschluss, das schlechte Wachstum auf Natriumsalzkulturen einseitig ohne weiteres kausal mit dem Mangel an Kaliumverbindungen zu verknüpfen, denn eine objektive Beurteilung muss auch noch andere Momente in die Diskussion ziehen, die aber an sich mit jenem Metall und seinen Salzen nichts näheres zu schaffen haben. Warum soll die verzögerte Entwicklung denn nicht ohne weiteres eine Folge der Natriumsalzverarbeitung sein, da man doch die gleiche Erscheinung auf beispielsweise Weinsäure als organischen Nährstoff führenden Lösungen nicht auf den Mangel an Zucker zu setzen pflegt, vielmehr gerade als eine dieser Säure eigentümliche Wirkung betrachtet?

---

wird man das eine Mal einen Grund finden, der das andere Mal nicht besteht?

Unter diesem Gesichtspunkte erscheint es fast irrelevant, ob den von mir benutzten Präparaten etc. überhaupt unwägbare Spuren einer unbekannten Verbindung [1]) des kritischen Metalls anhafteten; über den Einfluss solcher lässt sich zur Zeit noch nichts angeben, und vielleicht ist dies wohl ähnlich bedeutungslos wie die Frage, ob ihnen Kalkverunreinigungen anhafteten oder in anderen Fällen Kalisalznährlösungen auch frei von Natronsalzen sind. Das eine wie das andere ist im strengsten Sinne so gut wie nie der Fall. Ich habe aber trotzdem mit zuverlässig chemisch reinen Präparaten gearbeitet und die Summe der Operationen unter hinreichenden Vorsichtsmassregeln ausgeführt. Weiterhin habe ich mich nicht darauf beschränkt, bloss Wachstum und Ernte zu konstatieren, sondern auch nach Abschluss der Versuche Nährlösung wie Pilzasche auf die Anwesenheit von Kaliumverbindungen untersucht; die hierbei in betracht kommenden Methoden [2]) ergeben wiederum so manches weitläufige Detail, dass ich an diesem Orte von dem Eingehen absah, und darauf späterhin ausführlicher zurückkomme. Es wird dann durch die Resultate der Einzeluntersuchungen genauer darzuthun sein, inwieweit die hier gemachten Voraussetzungen zutreffen. Anderweitige mehr unumgängliche methodische Erörterungen mögen am Schluss der hier zunächst kurz zu besprechenden bisherigen Litteratur Platz finden.

Im wesentlichen beruht die heutige Ansicht über die physiologische Ungleichwertigkeit der Verbindungen jener beiden Metalle auf der Autorität Nägeli's, und somit werden wir uns gerade mit der experimentellen Begründung der Ansichten dieses etwas eingehender beschäftigen müssen.

Nachdem von Pasteur [3]) aus Kulturversuchen die Notwendigkeit einer Anzahl von Nährsalzen für die Entwicklung

---

1) Aus gutem Grunde messe ich keineswegs allen Salzen dieses Elements die gleiche Wirkung bei; cf. unten.

2) Neben mikrochemischen kommen hier spektralanalytische Nachweise unter besonderer Berücksichtigung der näheren Umstände in betracht. Es genügt aber meines Erachtens für eine experimentelle Arbeit nicht die kurze Angabe des Ausfalles der Reaktionen, denn oft ist dieser allein von der Art und Weise ihrer Anstellung abhängig, jene blosse Angabe also unter Umständen ziemlich wertlos.

3) Annales de Chimie et de Physique. (3) tome 58. p. 388 u. f.

gewisser Pilze gefolgert war, unterwarfen Ad. Mayer[1]) und Raulin[2]) die einzelnen dieser einer genaueren Prüfung auf ihren Wert, und der erste von beiden schloss aus Gärversuchen die Unbrauchbarkeit des phosphorsauren Natrons (an Stelle des Kaliumsalzes) für Hefe. Umfassendere Experimente wurden von Raulin insbesondere mit *Aspergillus niger* angestellt, deren Resultat bezüglich unserer Frage sich ziemlich mit dem soeben genannten deckte (Nichtvertretbarkeit der mineralischen Basen untereinander). Sehen wir zunächst davon ab, dass diese älteren Arbeiten selbst bei exaktester Ausführung unserer heutigen Betrachtung aus mehreren Gründen vielleicht nicht ganz einwandsfrei erscheinen, und halten uns nur an die von den Autoren mitgeteilten Versuchsergebnisse, so haben wir aber thatsächlich auch bei Raulin ein wirkliches Wachstum auf Nährlösungen ohne Kalisalzzugabe, und es bliebe aus seinen Versuchen immerhin nur der Schluss berechtigt, dass diese für ein schnelles resp. ergiebiges Wachstum vielleicht notwendig ist. Hier kann aber schon manches andere mitspielen, denn unser Autor bediente sich einer sehr komplizierten und in den Einzelheiten bezüglich ihrer Eigenschaften kaum übersehbaren Nährlösung, indem derselbe nicht weniger als 10 verschiedene Bestandteile, durch deren successiven Ausfall alsdann der Wert des Einzelnen bestimmt wurde, für die Normallösung verwandte. Naturgemäss werden aber die Resultate im allgemeinen um so präciser und leichter übersehbar, je geringer die Zahl der dabei in Frage kommenden Faktoren ist. Da Raulin u. a. das Kalium als Carbonat verwandte, andererseits aber freie Weinsäure (1 %) Bestandteil des Gemisches war, so wird ja durch den jeweiligen Ausfall dieser beiden bereits eine sehr veränderte Sachlage (Mitspielen der chemischen Reaktion) geschaffen, und die Resultate entbehren unstreitig der notwendigen Eindeutigkeit.

Die Nägeli'sche[3]), einer sachlichen Kritik eigentlich nie

1) „Gärungschemie". 3. Ausg. 1878. p. 145. „Untersuchungen über die alkoholische Gärung". 1869. p. 44.

2) Annal. des sciences natur. 1869. V. sér. tome 11. p. 224; Compt. rend. tome 56. p. 229; vergl. auch Schützenberger, „Gärungserscheinungen". p. 83.

3) „Ernährung der niederen Pilze". Nachtrag z. Sitzung d. bair. Akad. (math.-phys. Cl.) v. 5. Juli 1879 in „Botanische Mitteilungen". Bd. III. p. 395.

teilhaftig gewordene Arbeit beschäftigt sich eingehender mit der gegenseitigen Vertretbarkeit der Alkalien, ohne dass jedoch auch deren Resultate bei genauerer Prüfung des Experimentellen ohne weiteres annehmbar erscheinen. Mit einer relativ komplizierten Nährlösung wurden im ganzen nur 14 Versuche — einschliesslich der Kontrollkulturen — ausgeführt, von denen 4 auf „Bierhefe", 10 auf „Schimmel" (*Penicillium* nach Angabe) entfallen, doch vermissen wir durchweg speciellere Angaben über eine Reihe nicht unwesentlicher Punkte (insbesondere wird u. a. auch die Reinheit der Präparate nicht näher erörtert). Da im übrigen als Aussaatmaterial für die ersteren mehr als ein halbes Gramm frischer Hefe verwendet wurde, so wird dadurch schon eine, wenn auch ursprünglich noch so penible Zusammensetzung der Nährlösung [1]), ziemlich gegenstandslos.

Je ein Gärungsversuch wurde von demselben nun mit Kalium-, Rubidium- und Natriumsalz (die benutzten Salze waren durchweg die Tartrate), und einer ohne fixes Alkali angestellt; aus den sich nach 26 Stunden ergebenden Differenzen der vier Ernten wird weiterhin alsdann der Schluss gezogen, dass allein die zwei ersten Salze von Bedeutung und gegenseitig vertretbar sind.

Nicht günstiger steht es mit den „Schimmelversuchen", die hier zweckmässig im einzelnen aufgeführt werden. Es ergab sich da (l. c. p. 477 und p. 480):

Versuch 1 und 2: ohne fixe Alkalien. Ernte 0,520 g (nach 7 Wochen) und 0,292 g (nach 3 Wochen).

Versuch 3 und 4: mit Natriumtartrat. Ernten 0,575 und 0,081 g (Zeitdauer stets wie vorher).

Versuch 5 und 6: mit Kaliumtartrat. Ernten 1,359 und 1,396 g.

Versuch 7 und 8: mit Rubidiumtartrat. Ernten 1,237 und 2,233 g.

Versuch 9: mit Caesiumtartrat. Ernte 2,280 g.

Versuch 10: mit Lithiumphosphat. Noch nach 6 Wochen kein „Schimmel".

Hiernach wurden von Nägeli also im ganzen zwei Ver-

1) Im einzelnen war übrigens auch die Wahl der Stoffe wie ihre Quantität und anderes nicht besonders günstig.

suche — also zwei ganze Versuche! — mit Natriumsalzen — die allein uns hier zunächst näher angehen — gemacht, und der eine derselben, wie übrigens auch jene ohne fixes Alkali, ergab eine thatsächlich nicht unbeträchtliche Vegetation. Zuverlässige Schlüsse sind aber bei objektiver Wertschätzung aus diesen wenigen und selbst nur mittleren Anforderungen an Exaktheit kaum entsprechenden, ziemlich rohen Versuchen [1]) wohl nach keiner Richtung zu ziehen, und wenn das geschah und acceptiert wurde, so kommt das wohl im wesentlichen auf Rechnung der Autorität des verdienten Forschers. Wenn nun aber selbst durch diese vereinzelten, einer näheren Kontrolle entbehrenden Versuche ganz zufällig das Richtige getroffen wäre, so würden sie doch bei weitem nicht ausreichen, die Allgemeingiltigkeit der daraus gezogenen Schlüsse inbetreff der Nichtersetzbarkeit von Kalium- durch Natriumverbindungen für Pilze zu erweisen. Solange eben nicht der strikte Beweis geführt — und diesen vermissen wir, obschon die bezügliche Annahme gemacht wird — dass die minderen Ernten in den „kaliumfreien" Kulturen faktisch durch Beimengungen dieses Elementes (in einer noch zu erweisenden Verbindungsform) hervorgerufen wurden, und nicht bloss Folge einer langsameren Entwicklung sind, wird man aus dem Resultat — wenn Schlüsse überhaupt daraus gezogen werden könnten — ebensogut auf einen minderen Wert der Natrium- und Ammoniaksalze folgern dürfen. Für einen Entscheid dieser Fragen bedarf es aber unstreitig umfangreicherer und mit entsprechenden Vorsichtsmassregeln durchgeführter Versuche, deren Erörterung dann weiterhin eine etwas kritischere ist.

Hier sei noch eins bemerkt. Vergleichende Versuche über den Nährwert irgend welcher Substanzen haben natürlich auch die Zeitdauer mit in Rechnung zu ziehen. Schon in Hinblick auf die bekannte Thatsache der ungleich schnellen Zersetzbarkeit mancher Verbindungen ist es unzulässig, das Experiment nach einer relativ kurzen — wenn auch für einen Teil der Versuchsgefässe ausreichenden — Kulturdauer abzu-

1) Nägeli stellte diese Versuche bekanntlich meist nicht selbst an; ihre Ausführung lag im allgemeinen in der Hand jüngerer Anfänger. Speciell die hier besprochenen wurden nach seiner Angabe von Dr. O. Löw ausgeführt und beschrieben. l. c. p. 476—480.

brechen. Wenn man von einer „Nichtvertretbarkeit" der uns hier beschäftigenden Salze spricht, so bedeutet das doch wohl eine „Nichtnährfähigkeit" der Natriumverbindungen; obschon nun diese aus den bisherigen Versuchen überhaupt nicht hervorgeht — sondern höchstens, wie bemerkt, eine mindere Nährfähigkeit —, so ist sie aber in keinem Falle durch wenige Tage dauernde (Raulin u. a.) Kulturen festzustellen, sondern diese sind notwendigerweise so lange fortzusetzen, bis ein negatives Resultat zur Evidenz hervortritt. Trotzdem das bei Prüfung organischer Substrate auch nie anders gewesen, glaubte man in unserem speciellen Falle ganz davon absehen zu dürfen. Ein minder gutes Wachstum auf Natriumsalzkulturen ist natürlich nur Folge einer Ungleichwertigkeit, diese aber nicht ohne weiteres mit „mangelnder Nährfähigkeit" oder „Nichtersetzbarkeit" identisch.

Das Unsichere der Nägeli'schen Schlüsse wird übrigens bereits durch eine spätere Angabe Winogradsky's [1]), derzufolge Cäsiumsalze solche des Kalium nicht vertreten können (bei Mycoderma), hinreichend dargethan [2]).

Zu dem Methodischen übergehend, bezweckte die von mir gewählte Art der Versuchsanstellung, wie das übrigens in der Natur der Sache lag, den möglichsten Ausschluss aller nicht in der Anordnung vorgesehenen Stoffe, was im übrigen aber wohl stets nur bis zu einem gewissen Grade gelingen wird. Im strengsten Sinne „chemisch reine" Substanzen für Kulturzwecke giebt es kaum, und jedenfalls verlieren sie diesen Charakter alsbald in Berührung mit den Gerätschaften, der Atmosphäre, bei den verschiedenen Operationen etc. Es ist das aber, wie schon bemerkt, von minderem Belang, da eben auch die früheren Untersucher mit den gleichen, wohl quantitativ noch erheblicheren Fehlerquellen zu rechnen hatten, und es hier zunächst uns darauf ankommt, bestimmt zu erweisen, dass unter solchen Umständen thatsächlich eine nennenswerte Pilz-

1) Botan. Centralbl. 1884. Bd. XX. p. 155.

2) Wenn trotzdem alle diese Angaben ohne irgend welche Kritik in die neuere Litteratur übergegangen sind, so ist das wohl zum guten Teil auf den Mangel sonstiger Thatsachen zu setzen.

vegetation möglich ist. Wollen wir nun dieses, und zwar ohne eigentlich zwingenden Grund und sicher ziemlich willkürlich, gerade auf Verunreinigungen durch unbekannte Kaliumsalze zurückführen, so ähnelt das jedenfalls einem Rückzug in den dunklen Winkel, und fast mit demselben Rechte könnte man dann — wie schon bemerkt — bei den wohl selten gänzlich auszuschliessenden Natrium- oder Calciumspuren auch diese Elemente als bedeutungsvoll hinstellen — wozu natürlich gleichfalls keinerlei Grund vorliegt. Das Kalium erfreut sich allerdings einer — freilich durch andere Erfahrungsthatsachen hinlänglich erklärten — besonderen Beliebtheit; ich sehe aber nicht ein, mit welchem Rechte wir etwa den in allen Pflanzen verbreiteten Zucker — um ein analoges Beispiel heranzuziehen — aus eben diesem Grunde als alleinigen pflanzlichen organischen Nährstoff erklären sollten.

Ein möglichster Ausschluss fremder Stoffe wird zunächst durch entsprechende Reinigung der Kulturkolben gewährleistet, welche für vorliegende Versuche vor dem Einfüllen der ca. $^1/_5$ ihres Volumens einnehmenden Nährlösung noch 5mal mit destilliertem Wasser nachgespült wurden. Glasgefässe bedingen selbstverständlich schon eine, wenn auch nicht messbare, Verunreinigung, ebenso haftet solche dem chemisch reinen Traubenzucker (als geringer Aschenrückstand) an. Geringer ist sie im allgemeinen bei den vorsichtig behandelten als „chemisch rein" bezogenen Nährsalzen und dem destillierten Wasser; eine Steigerung erfährt sie aber offenbar beim Sterilisieren im Dampfylinder durch das Glas des Kulturkolbens. Die Bestimmung des Erntegewichts endlich macht vorhergehende Berührung mit einem, wenn auch ausgewaschenem Papierfilter nötig — was hier freilich, da über die Aschenuntersuchung erst später berichtet werden soll, noch nicht in betracht kommt — und die atmosphärische Luft ist jederzeit eine Quelle mancher Fremdstoffe, die im übrigen auch bereits der geimpften Nährlösung durch den Mineralstoffgehalt der, wenn auch unwägbaren, Conidien zugeführt werden. Relativ leicht vermeidbar sind dagegen schon etwaige Verunreinigungen durch den unvermeidlichen Watteverschluss; immerhin sind aber für kritische Einwürfe noch genügend schwache Punkte gegeben.

Das Volumen der gewählten Nährlösung betrug in der Regel 50 ccm bei einem Gehalt des organischen Nährstoffes (meist Traubenzucker, in einzelnen Fällen auch Rohrzucker, Glycerin und Olivenöl) von meist 3 %, des anorganischen von 1 % der Stickstoffquelle, als welche also Natriumnitrat fungierte. Neben ihm fand noch Natriumphosphat (primäres und sekundäres Salz) und krystalliertes Magnesiumsulfat (im Verhältnis zu jener von 1 : $^1/_2$: $^1/_4$) Verwendung. Weitere Nährsalze sind nicht erforderlich, gegebenenfalls vielleicht Sache des Geschmacks. In einigen Fällen wurde Volumen und Konzentration wesentlich erhöht (bis 500 ccm und 10 % des organischen Nährstoffs), im übrigen die gleichzeitigen Kontrollversuche mit Kaliumsalzen in ganz gleichem Verhältnis angesetzt, sodass auch hier die anorganischen Salze

Kaliumnitrat	1 Teil
Kaliumphosphat . . .	0,5 „
Magnesiumsulfat . . .	0,25 „

gleiches gegenseitiges Verhältnis und gleiche Konzentration boten.

Die insbesondere mit *Aspergillus niger* van Tigh. und *Penicillium glaucum* Link. als Versuchsobjekten geimpften Kolben wurden ausnahmslos bei Zimmertemperatur (16° C i. M.) [1]) teils belichtet, teils in einem lichtdichten Schranke gehalten.

Für Beurteilung des Versuchsergebnisses ist neben dem Wachstum überhaupt weiterhin auch das erzielte Erntegewicht sehr wesentlich; hierzu wurden die Decken samt der Nährlösung auf ein Filter gebracht und — nachdem sie vorher wie nachher ca. 5mal mit heissem destillierten Wasser gewaschen (wodurch ein grosser Teil der kapillar wie in den Zellen festgehaltener Salze fortgenommen wird) [2]) — auf einem Uhrglase im Trockenschrank bei 110° bis zum konstanten Gewicht (5—10 Stunden, bei massigeren Decken jedoch länger) getrocknet und gewogen. Der Aschengehalt wurde durch langsames Verbrennen im Platintiegel in bekannter

---

1) Im Winterhalbjahr ziemlich konstant 16° C, im Sommer je nach den Umständen schwankend.

2) Jedenfalls stellt man so den in der Decke befindlichen Zucker (wie auch etwaige Mineralsalze) nicht als Pilzsubstanz in Rechnung.

Weise ermittelt, das Resultat den hier mitgeteilten Erntegewichten jedoch noch nicht beigefügt; auf die Zusammensetzung dieser Asche komme ich — wie bereits bemerkt — später zurück.

Nach diesen notwendigen Vorbemerkungen wende ich mich zum Verlauf der Kulturen selbst und schildere die einzelnen Reihen derselben hier genau in der Folge, wie sie angestellt wurden. Inbetreff einer gedrängten Übersicht und kritischen Erörterung der Resultate verweise ich auf den Schluss der Arbeit, wo auch die Einzelversuche übersichtlicher zusammengestellt wurden.

II. Experimentelles.

1. Kulturreihe.

(21. VII. bis 18. X.)

6 Versuche mit *Aspergillus*, 2 mit *Penicillium*; als organisches Substrat Traubenzucker in der Konzentration von 3 und 10 % (stets, wenn nicht ausdrücklich anders bemerkt, 50 ccm Nährlösung mit 1,75 % der genannten Mineralsalze). Parallelversuche mit Kalisalzen [1]).

Verlauf der Versuche. Keimung und Wachstum verliefen in allen Gefässen ausserordentlich langsam, sodass erst nach 3—4 Wochen eine zarte sporenbildende Decke erzeugt war, die bei *Aspergillus* erst in den letzten Wochen der Versuchsdauer das Aussehen normaler Kulturen (braunschwarze

---

1) In 4 Versuchen wurden die Bedingungen insofern (doch für die Sache an sich unwesentlich) abgeändert, dass hier Zusatz einiger (8) Tropfen freier Phosphorsäure (40 % P_2O_5) oder Reduktion des Mineralsalzgehalts auf $^1/_{10}$ stattfand. Ersteres hatte bei *Aspergillus* (3 Vers.) Schneeweissbleiben der im übrigen ziemlich üppigen Decken zur Folge, schloss also die Conidienbildung aus. Darüber wurde bereits a. a. O. berichtet (Bot. Zeitg. 1891), wo auch ein Teil der hier angeführten Versuchsgerebnisse in anderer Beziehung bereits verwertet wurde.

Farbe) zeigte. Die von *Penicillium* waren schwach grün. Der störende Einfluss der weniger zusagenden Nährlösung zeigte sich vorzugsweise im Beginn, späterhin war er weniger auffallend; entsprechend der langsamen Entwicklung wurde auch die Kulturdauer hinausgeschoben; bei deren Abschluss waren sämtliche Decken noch frisch und ohne jegliche Merkmale vorgeschrittenen Alters (Verfärbung der Deckenunterseite, der Nährlösung u. a.).

Die Parallelkulturen mit Kalisalpeter entwickelten sich innerhalb einer bis zwei Wochen zu ungefähr gleichem Aussehen.

Resultat. An Pilzsubstanz (bei 110° getrocknet) wurde in den einzelnen Kulturen (in Gramm) folgendes erhalten:

Aspergillus:	0,242	*Penicillium:*	0,130
	0,254		0,151
	0,183	Summa:	0,281 g aus 3 g Zucker
	0,530		
	0,242		
	(0,010) [1])		
Summa:	1,451 g aus 14,5 g Zucker		

Daraus berechnen sich für *Aspergillus* 10%, für *Penicillium* 9,4% des Zuckers an Ernte, wobei wir dahingestellt sein lassen, ob derselbe — was im allgemeinen nicht zutrifft — total verbraucht war.

Demgegenüber wurde an Ernte in den Kalisalzkulturen folgendes erhalten (auch hier wie weiterhin stets alle Angaben in Gramm):

Aspergillus:	0,305	*Penicillium:*	0,170
	0,430		0,200
	0,278		0,244
	0,348		0,260
	0,380	Summa:	0,874 g aus 6 g Zucker
	0,310		
Summa:	2,051 g aus 9 g Zucker		

Das ergiebt nach Berechnung für

Aspergillus = 22,79 %
Penicillium = 14,57 „ } des Zuckers an Pilzsubstanz.

1) Dieser Versuch ist bei der weiteren Berechnung nicht berücksichtigt.

Es sind das also merklich höhere Werte, wobei überdies noch zu berücksichtigen ist, dass diese sich voraussichtlich noch etwas günstiger stellen würden, wenn die Trockengewichtsbestimmung hier in allen Fällen bereits nach 2—3 Wochen vorgenommen wäre, denn naturgemäss nehmen bei beschränkter Nahrung sich rasch entwickelnde Pilzdecken bei fortgesetzter Vegetationsdauer und ziemlicher Erschöpfung des Substrats wieder an Gewicht ab (Substanzverlust durch Atmung). Die Werte gelten dagegen für eine Kulturdauer von 24—90 Tagen, während die der Natriumsalzversuche sämtlich für eine solche von rund 90 Tagen Giltigkeit haben, hier aber bei dem sehr langsamen Wachstum fernerhin vielleicht noch eine geringe Zunahme zu erwarten war.

In den genannten prozentischen Zahlen kommt unmittelbar und ziemlich zutreffend die Verschiedenwertigkeit der beiden Substrate zum Ausdruck (für *Aspergillus* = 10 : 22,79, für *Penicillium* = 9,4 : 14,57).

Im übrigen bedarf es keiner besonderen Betonung, dass in den Natriumsalzkulturen also ein nicht unbeträchtliches Wachstum stattgefunden hatte.

2. Kulturreihe.

(5. XI. bis 19. III).

8 Versuche, davon 5 mit *Aspergillus*, 3 mit *Penicillium* bei gleicher Mineralsalzlösung (wie vorher), doch grösserem Volumen (200—500 ccm) und höherem Gehalt an organischem Nährstoff (10% Traubenzucker oder Rohrzucker); wie vorher Lichtabschluss.

Verlauf der Versuche. Das Auftreten einer sichtbaren Vegetation vollzog sich etwas schneller als in der ersten Kulturreihe, denn schon am 8. November war mehrfach deutliches Auskeimen wahrnehmbar, und 2 Tage später traten überall kleine Rasen, die bei *Aspergillus* alsbald vereinzelte Conidienträger zeigten, hervor. Das Wachstum war jedoch wiederum ein verzögertes, denn erst nach 2—3 Wochen hatten sich auf allen Kulturflüssigkeiten ziemlich gleichmässige, doch zarte Decken gebildet, die insbesondere bei *Aspergillus* ziemlich reichlich mit kurzen Conidienträgern besetzt waren

(gleichmässig braun-schwarze Farbe). Weiterhin fand nun ein ergiebiges Stärkerwerden der Pilzdecken statt, welches auch augenscheinlich bis zum Abbruch der Versuche, wo sämtliche Decken in allen Teilen noch ein gesundes normales Aussehen (ohne Verfärbung) zeigten, andauerte. Es wurde — wie noch bemerkt sein mag — hier wie überall der Versuch als beendet angesehen, nachdem eine kräftige, derjenigen auf Normalkulturen ähnliche Vegetation erzielt war.

Resultat. Die Erntegewichte betrugen:

Aspergillus:	5,090 g	aus	50 g	Dextrose		
	5,016 „	„	„	„		
	0,906 „ [1]	„	20 „	„		
	1,984 „	„	50 „	Rohrzucker		
	2,720 „	„	„	„		
Summa:	11,012 „	aus	120 g	Dextrose	= 9,2 %	des Zuckers an Pilzsubstanz
	4,704 „	„	100 „	Rohrzuck.	= 4,704 „	
Penicillium:	7,905 g	Ernte	aus	50 g	Dextrose	
	2,910 „	„	„	20 „	„	
	3,330 „	„	„	50 „	Rohzucker	
Summa:	10,815 g	„	„	70 g	Dextrose	= 15,45 %
	3,330 „	„	„	50 „	Rohrzucker	= 6,66 „

In diesen Versuchen sind insgesamt also rund 30 g trockener Pilzsubstanz (Trockengewicht), die einem Frischgewicht von 239 g entsprachen, aus beiläufig 340 g Zucker erzeugt worden, womit der Nachweis für die Möglichkeit eines ganz beträchtlichen Wachstums unter solchen Umständen hinlänglich geführt ist.

Im einzelnen ergeben sich noch folgende Punkte.

Für *Penicillium* resultiert aus den hier gewählten Versuchsbedingungen — sofern aus den wenigen Versuchen allgemeinere Schlüsse abzuleiten — ein merklich günstigeres Verhältnis mit bezug auf den Traubenzucker als Substrat, indes ist der Rohrzucker offenbar für beide Species ein weniger guter Nährboden, da aus der gleichen Menge desselben kaum die Hälfte an Pilzsubstanz erzeugt wurde. Weiterhin hat aber das reichlicher und in höherer Konzentration gebotene Substrat hier keinen dementsprechenden Einfluss auf

1) Verunreinigt mit *Botrytis cinerea.*

die Stoffbildung (verglichen mit der 1. Kulturreihe), wofür im übrigen bei der langsamen Entwicklung, die einen guten Teil jenes noch unausgenutzt zurücklässt, auch ja ein Zwang nicht besteht. Anders gestaltet sich das freilich bei günstiger zusammengesetzten Nährlösungen, wo die steigende Konzentration zunächst (bis zu einer gewissen Grenze) eine merkliche Erhöhung der Pilzausbeute zur Folge hat.

3. Kulturreihe.

(8. XII. bis 17. III.)

6 Versuche, 3 mit jeder Species; je 50 ccm der Natriumnitrat-Nährlösung mit 3 % Traubenzucker (Lichtzutritt).

Verlauf. Merklich schnelleres Wachstum als früher und zwar gleichmässig auf allen Kolben. Bei Beendigung waren ohne Ausnahme vollständige und reichlich Conidien-bildende Decken vorhanden.

Resultat. Die Erntegewichte betrugen:

Aspergillus: 0,250
0,240
0,228
Summa: 0,718 g aus 4,5 g Dextrose = 15,96 %

Penicillium: 0,182
0,206
0,154
Summa: 0,532 g aus 4,5 g Dextrose = 11,8 %

Wenn gegen Normalkulturen mit Kaliumnitrat auch immerhin noch ein sichtbarer Abfall besteht, so stellt sich doch jedenfalls *Aspergillus* schon etwas günstiger als früher. Allerdings können wir solchen im voraus wohl zu erwartenden Schwankungen (Anhaltspunkte, hier den Lichteinfluss mit in Rechnung zu ziehen, habe ich bisher nicht) einen besonderen Wert nicht beilegen, sie werden stets bei derartigen Experimenten bestehen; um so weniger ist aber natürlich auf den Ausfall vereinzelter Versuche Gewicht zu legen, wie solches wohl gelegentlich geschieht, und auch einleitend bereits berührt wurde. Notwendigerweise können irgendwelche Schlüsse nur aus einer grösseren Zahl von Versuchen entnommenen Mittelwerten abgeleitet werden.

4. Kulturreihe.

(10. III. bis 26. VII.)

10 Versuche, 6 mit *Aspergillus*, 4 mit *Penicillium*. Als Substrat fand hier Glycerin und Olivenöl (je 10 % auf 100 ccm der Natriumnitratnährlösung) Verwendung (Lichtzutritt).

A. Glycerin. 6 Kulturen; drei von jeder Species.

Verlauf. Sehr langsames Wachstum führte erst nach Wochen zu einer mässigen Deckenbildung; gegen Ende der Versuchsdauer waren diese zwar kräftig entwickelt, ohne jedoch in allen Gefässen die gesamte Oberfläche zu bedecken. Die Conidienbildung war, besonders bei *Aspergillus*, relativ dürftig, da mehrfach zwischen den braun-schwarzen Partien der Oberfläche fast gänzlich sterile (graue) Stellen merklicher Grösse blieben. Die Kulturflüssigkeiten verfärbten sich successiv bei beiden Pilzen, bei jenem ins Hellgelbe, bei *Penicillium* gelb-braun (alle früheren — Zuckerlösungen — blieben wasserhell).

Resultat.

Aspergillus: 0,744
0,720
1,052
Summa: 2,516 g aus 30 g Glycerin = 8,38 %

Penicillium: 0,541
0,821
0,633
Summa: 1,955 g aus 30 g Glycerin = 6,65 %.

Entsprechend der langsamen Entwicklung haben wir selbst nach der sehr ausgedehnten Kulturdauer niedrige Ernteergebnisse [1]); dabei ist freilich nicht zu übersehen, dass Glycerin im Vergleich zu Zucker als offenbar minderwertiges Substrat zu betrachten ist. Im übrigen stellt dasselbe als nahezu absolut frei von anorganischen Beimengungen ein chemisch reineres Substrat dar.

1) Ob eine wesentliche Erhöhung in etwaigen Kontrollversuchen — von denen ich hier glaubte absehen zu dürfen — stattgefunden hätte, bleibe dahingestellt.

B. Olivenöl. 4 Kulturen, je 2 mit beiden Species [1]).

Schon auf normal zusammengesetzten (Kaliumsalze enthaltenden) Flüssigkeiten mit der oberflächlich sich gleichmässig ausbreitenden Ölschicht ist die Entwicklung eine sehr langsame; sie verläuft im ganzen zunächst am Rande, sowie unterhalb der Ölschicht, während diese erst späterhin auch durch- und überwachsen wird. Es kommt dieser zwar langsam verarbeiteten Verbindung jedoch ein hervorragender Nährwert zu, welcher nach meinen bisherigen Erfahrungen den des Zuckers wesentlich übertrifft.

Verlauf. Die Entwicklung der Pilzdecken war eine so träge, dass erst am Schluss der Versuchsperiode (136 Tage) solche gleichmässig die Oberflächen bedeckten. Die Conidienbildung fand reichlich statt, sodass insbesondere die *Aspergillus*-Kulturen dunkel braun-schwarze Oberflächen aufwiesen; ein sehr beträchtlicher Teil des Nährstoffes war noch rückständig, und hiernach ist auch das prozentische Verhältnis zu beurteilen.

Resultat. Die Ernten betrugen:

Aspergillus: 0,490
1,112

Summa: 1,602 g aus 20 g Öl (= 8,01 %)

Penicillium: 2,138 g aus 10 g Öl (= 21,38 %).

Eine hervorragende Ernte wurde hiernach bei *Penicillium* erzielt, sie übertrifft alle anderen auf Zuckerlösungen, wobei hier trotzdem nur ein Teil des Substrats verbraucht wurde. Eine gleiche Steigerung würde freilich auch wohl (bei entsprechender Kulturdauerverlängerung) für die andere Species erhalten sein, da ein Normalversuch (mit Kaliumsalz) hier 54 % des gleichfalls nur teilweise verbrauchten Substrats an trockenem Pilzgewicht lieferte — ein Wert, der übrigens in den günstigsten Zuckerkulturen auch nicht entfernt erreicht wird.

Kulturen mit anderweitigen Pilzspecies.

Neben diesen in den Einzelheiten durchgeführten Versuchen wurde noch eine Reihe von Kulturen mit anderen Species an-

1) Die eine der *Penicillium*-Kulturen wurde später als stark mit Bakterien verunreinigt ausgeschaltet.

gestellt, wobei ich mich jedoch auf Konstatierung des Wachstums beschränkte.

Als Substrat diente hier durchweg eine 3—5-prozentige Dextroselösung mit den obengenannten Natriumsalzen neben Magnesiumsulfat in der gleichen Konzentration wie vorher.

Aussaatmaterial waren die Conidien folgender Arten: *Verticillium glaucum* Fres., *Penicillium luteum* Zuk., *Aspergillus Ostianus* m., *Botrytis cinerea* Pers., *Citromyces Pfefferianus* m. und *Cephalothecium roseum* Cord.

Das Resultat glich dem früheren, indem auch hier ausnahmslos und teilweise bereits nach wesentlich kürzerer Zeit mehr oder weniger vollständige Decken oder doch beträchtliche submerse Vegetationen zur Ausbildung kamen. Im ganzen war also die Erscheinung eine ähnliche, und auch hier wurden die gebotenen Natriumsalze zersetzt; allerdings trat ein verschiedenes Verhalten der einzelnen Arten insofern zu Tage, als die durchschnittlich minder ergiebige Conidienbildung in gewissen Fällen auch nach monatelanger Kultur ganz ausblieb. So waren die zarten, papierartigen Häute von *Verticillium* dauernd schneeweiss (4 Versuche); partielles Sterilbleiben sahen wir aber auch bereits bei *Aspergillus* und *Penicillium*, und die weiteren Beobachtungen bieten also nichts wesentlich Neues.

Es erübrigt nunmehr noch zur Vervollständigung der Schlusskette das kurze Eingehen auf zwei Punkte.

Einmal frägt sich, ob der Zusatz irgend eines beliebigen Kaliumsalzes die Resultate der obigen Versuche modifiziert, und weiterhin ist zu zeigen, in welcher Weise unvollständige Nährlösungen darauf einwirken.

Das zum Entscheid notwendige Thatsachenmaterial liegt bereits in der Hauptsache abgeschlossen vor [1]), und sei das hier kurz dahin zusammengefasst, dass bei Fortlassen des Natronsalpeters auch nach Monaten kaum wägbare Erntemengen erhalten wurden, und dass andererseits durch Zugabe von 0,5 % Chlorkalium zu der genannten Natriumnitratnährlösung in den bisherigen Versuchen eine wesentliche Änderung nicht erzielt wurde.

---

1) Als Teil einer die Nährsalzfrage in allgemeinerer Fassung behandelnden Untersuchung darf hier ein näheres Eingehen unterbleiben.

Daraus ergiebt sich also, dass unter Berücksichtigung der näheren Verhältnisse thatsächlich eine Verarbeitung von Natriumnitrat durch unsere Pilze vorliegt, sowie andererseits, dass dieser Vorgang durch die Anwesenheit eines indifferenten Kalisalzes nicht notwendig beeinflusst wird, trotzdem hier voraussichtlich partielle Umsetzung zur Entstehung von nutzbaren Kalisalzen (Nitrat und Phosphat) — in übrigens unbestimmten Mengen — führen kann. Für diesen letztgenannten Punkt sind aber die relativen Mengenverhältnisse der reagierenden Salze offenbar von Bedeutung und die Untersuchungen im einzelnen noch nicht abgeschlossen [1]).

III. Zusammenfassung.

Ziehen wir aus diesen Versuchen das Facit und unterwerfen es einer objektiven Betrachtung.

Sämtliche Kulturen auf den benutzten Nährlösungen lieferten endgiltig ein positives Ergebnis. Da diese neben dem organischen Nährstoff nur Salze des Natriums und Magnesiums enthielten, also insbesondere den Stickstoff als Natronsalpeter und die Phosphorsäure als Natriumphosphat, so unterliegt es keinem Zweifel, dass diese beiden Salze auch von den benutzten Pilzen verarbeitet wurden und zwar gelegentlich in einem sehr umfangreichen Masse. Das ergiebt sich insbesondere aus den Zahlen der zweiten Kulturreihe, wo in Summa 239 g lebender Pilzdecken, die ein Trockengewicht von rund 30 g repräsentierten, erhalten wurden. Nehmen wir einmal den Eiweissgehalt dieser 30 g Ernte zu rund $^1/_3$ (also 10 g) und den Stickstoffgehalt des Eiweiss gleichfalls sehr niedrig zu 10 % an, so würde jene Ernte rund 1 g Stickstoff enthalten. Daraus folgt aber, dass wenigstens rund 6 g Natronsalpeter im Stoffwechsel zwecks Erlangung dieser Stickstoffmenge zerlegt

1) Die bisher vorliegende Zahl von Versuchen (6) erachte ich für Abgabe eines entscheidenden Urteils noch nicht ausreichend.

wurden. Diese Zahl erweist hinlänglich die Nährfähigkeit von Natriumsalzen und thut gleichzeitig die Unmöglichkeit einer Erklärung der Resultate durch etwaige Versuchsfehler (Verunreinigungen durch Stickstoffverbindungen anderer Art, die bei kleineren Versuchen noch mitspielen könnten) dar; ein strikter Beweis dafür lässt sich übrigens noch in einer anderen Weise beibringen, denn es ergeben (wie ich a. a. O. ausführlicher zu zeigen habe) Kulturversuche mit Fortlassung jenes Natronsalpeters überhaupt so gut wie gar keine Vegetation, und es bliebe also nur noch der Einwurf, wonach die Verunreinigung im Natriumnitrat selbst zu suchen sei [1]). Dies Salz (und ebenso das Phosphat) wird also von den Pilzen verarbeitet und dabei nachgewiesenermassen in Oxalat umgesetzt.

Damit ist zunächst die Nichtstichhaltigkeit der Anschauungen früherer Autoren sowie deren Beweismittel dargethan, denn diese erzielten nach Angabe nur eine hervorragend dürftige Vegetation auf Kulturlösungen, die den meinigen unstreitig [2]) an Reinheit — bezüglich der Kaliumabwesenheit — wesentlich nachstand.

Indem dieselben nun aus dem Nichtgedeihen solcher ohne Kalisalzzusatz angestellten Kulturen auf die Notwendigkeit dieses folgerten, fällt auch deren Schluss, da eben dessen Grundlage eine unsichere, bez. irrige war. Kalifrei zusammengesetzte Nährflüssigkeiten gewährleisten also unseren Pilzen eine nicht ganz unergiebige Entwicklung. Die Thatsachen zeigen aber, dass die Art dieser eine etwas andere — und zwar im wesentlichen langsamer — ist, und es frägt sich schliesslich, wie diese Erscheinung etwa zu deuten ist.

Wer natürlich von vornherein mit der Vorstellung an die Sachlage herantritt, dass Kaliumatome für den pflanzlichen Chemismus unentbehrlich sind, und diese durch die schwierige Ausschliessbarkeit des genannten Elements zu motivieren sucht, ohne im übrigen auch nur irgendwelche Andeutungen über den dunklen Grund zu machen in der Lage ist, der wird jene Erscheinung offenbar ganz eindeutig auf den relativen Mangel solcher „Kaliumatome“ zurückführen. Fragen wir

---

1) Darauf ist a. a. O. zurückzukommen.

2) Die Qualität der „chemisch-reinen“ Präparate hat sich während der verflossenen Decennien sehr wesentlich gebessert.

uns jedoch etwas vorurteilsfreier nach der möglichen Ursache, so gelangen wir notwendig zu einer Diskussion, die nicht nur jenen einen, sondern eine Reihe von Umständen in die Erwägung zieht.

Die Thatsachen seien hier zunächst noch einmal kurz zusammengestellt. Während beide Pilze auf günstig zusammengesetzten Medien (mit Kalisalpeter) in Tagen oder Wochen volle conidienbildende Decken erzeugen, bedarf es hierzu in den mitgeteilten Versuchen einer monatelangen Kulturdauer; insbesondere ist die Entwicklung in den ersten Wochen gewöhnlich träge, während späterhin eine Besserung einzutreten pflegt — eine Erscheinung, die schon in bemerkenswerter Weise gegen das Mitspielen von Verunreinigungen spricht [1]). Berücksichtigen wir als notwendigen zweiten Faktor die definitiven Ernteergebnisse, so stellen sich diese im allgemeinen gleichfalls minder günstig, wennschon nicht gerade für beide Versuchspilze, denn bei *Penicillium* sind Differenzen kaum vorhanden. Nehmen wir das definitive Resultat — also die schliesslichen Erntegewichte auf den verschiedenen Nährlösungen — nun einmal als ziemlich gleich an, so ergiebt sich aber trotzdem unter Berücksichtigung der in dem einen Falle ausserordentlich verlängerten Zeitdauer ein beträchtlicher Unterschied, welcher die Minderwertigkeit der Natriumsalzlösungen schlagend darlegt. Bei *Aspergillus* ist aber ausserdem noch eine Erntegewichtsdifferenz vorhanden; hier fanden wir bei Verwendung von Kaliumnitrat (und Phosphat) 22,79 % des angewandten Zuckers an Pilztrockensubstanz, während diese Zahl in dem anderen Falle (Verwendung von Natriumsalzen) im Mittel auf 12,02 % herunterging, also annähernd nur die Hälfte betrug. Bei *Penicillium* stellten sich beide wie 14,57 : 12,22 im Mittel; die Differenz ist hier also weniger merklich. Es sei aber doch

---

1) In solchem Falle, wo also durch die Versuchsanstellung etwaige Kaliumverbindungen etc. eingeführt werden, dürfen wir eine anfänglich bessere, aber bald stagnierende Vegetation erwarten, da der Vorrat an solchen offenbar bald erschöpft ist. Hier ist aber das Gegenteil der Fall, es scheinen gerade anfangs Hindernisse zu bestehen, die sich späterhin vermindern oder doch nicht mehr entsprechend ins Gewicht fallen. Man könnte von einer allmählichen Anpassung an die zunächst ungewohnten Ernährungsverhältnisse reden, und vielleicht mit Recht.

bemerkt, dass wir den Wert von Zahlen, auch wo solche nicht vereinzelten, sondern einer Anzahl von Kulturen entnommen, nicht überschätzen wollen und weit entfernt sind, aus kleineren Unterschieden weitreichende Schlüsse zu ziehen.

Worin hat nun aber die offenbar bestehende Wachstumshemmung ihren Grund? Der Möglichkeiten sind hier mehrere gegeben. Einmal können Natriumsalze überhaupt schwerer verarbeitbar sein, vielleicht weil sie oder ihre Produkte unter den innerhalb der Zelle bestehenden Verhältnissen weniger reaktionsfähig oder etwa die letzteren wertloser sind; weiterhin hätte man mit einer etwaigen nachteiligen Wirkung derselben zu rechnen. Diese Annahmen gehen aber schon sehr ins Specielle, denn es bliebe noch eine allgemeinere dritte: das resultierende Gemisch beim Zusammenbringen von Natriumnitrat, -Phosphat und Magnesiumsulfat kann vermöge der verschiedenen chemischen Affinitäten eine veränderte Gesamtzusammensetzung erlangen und somit die allgemeinen Verhältnisse innerhalb der Nährlösung nicht mit denen innerhalb der Kaliumnitratnährlösung identisch sein. Eine Grundlage für diese Annahme ergäbe sich unschwer schon aus der notorischen, aber eigentlich nie diskutierten Thatsache, dass die Zusammensetzung der Kulturlösung auf grund doppelter Umsetzungen eigentlich stets erheblich von der beabsichtigten (oder scheinbaren) abweicht. Beispielsweise führe ich hier nur an, dass sich die schwefelsaure Magnesia unstreitig mit dem phosphorsauren Kali oder Natron ganz oder teilweise zu Magnesiumphosphat und Kalium- bez. Natriumsulfat umsetzt [1]), derartige Reaktionen aber zu Produkten führen können, deren Einfluss wir einstweilen schwer abzuschätzen in der Lage sind. Mir scheint gerade diese Thatsache von einiger Bedeutung, und sie wird weiter unten durch konkrete Beispiele belegt werden. Auch wären hier schliesslich noch Verschiedenheiten im Dissociationsvermögen der einzelnen Salze und anderes heranzuziehen.

Endlich könnte man als vierte Erklärungsart dann auf das Fehlen oder den Mangel an Kalium zurückgreifen; damit machte man aber bereits die eben noch zu erweisende und

---

1) Demgemäss geben diese Salze innerhalb der Kulturlösung auch einen Niederschlag.

nach dem Mitgeteilten wenig wahrscheinliche Annahme, dass diesem Element eine bestimmte, wenn auch dunkle „Funktion" zukomme. Dass im übrigen Kaliumverbindungen der Salpeter- und Phosphorsäure weit geeignetere Entwicklungsbedingungen abgeben, ist uns allen ja vollständig klar, und ich stimme nur nicht in dem Punkte mit der heutigen Auffassung überein, dass der Grund hierfür in der besonderen Natur des Elementes Kalium zu suchen ist, vielmehr dieses, da der Stoffwechsel nicht mit dessen freien Atomen bez. Molekülen, sondern mit seinen Salzen rechnet, überall nicht in betracht kommt. Es liegt da wohl eigentlich eine Verwechslung vor, und man hat den Thatsachen, indem man gelegentlich für die Kaliumverbindungen kurzerhand ihr Metallatom in die Rechnung einführte, eine unzutreffende Deutung gegeben, bemüht sich demgemäss auch noch heute vergeblich um die etwaigen Funktionen desselben, obschon andererseits niemand von den Funktionen des elementaren Kohlenstoffs, Calciums etc. — und ich fasse den Fall nicht anders auf — sondern vielleicht höchstens von denen einiger ihrer Verbindungen spricht. Von einer Bedeutung des freien Kalium kann überhaupt wohl schwer die Rede sein, denn selbst wo die besonderen Eigentümlichkeiten desselben auf seine Verbindungsformen übergehen oder wohl besser sich in diesen ausprägen, bleiben dieselben doch immer Körper sui generis; aber auch von einer besonderen Funktion dieser: zu reden, bleibt misslich, solange man darunter wenigstens etwas anderes versteht als ihr besonderes Geeignetsein, in der Form von Nitraten oder Phosphaten den pflanzlichen Stoffwechsel zu unterhalten.

Kommen wir also auf die übrigen drei Möglichkeiten zur Erklärung des zögernden Wachstums der mit Natriumsalzen angesetzten Kulturen, so bleiben da wohl insbesondere zwei als von grösserer Wahrscheinlichkeit: die aus irgend einem Grunde bestehende schwierigere Verarbeitbarkeit[1]) des Natronsalpeters sowie die im ganzen weniger ge-

1) Ich beziehe auch hier die etwaige Unzulänglichkeit ihrer Produkte für Leistungen im Stoffwechsel mit ein (sodass nicht allein die event. schwierigere Abspaltbarkeit der Salpetersäure in Rechnung kommt), resp. ihre gegebenenfalls bestehende mindere Reaktionsfähigkeit überhaupt.

eignete Zusammensetzung des resultierenden Salzgemisches der Nährlösung, und für beide hätten wir Analoga.

Dass der pilzliche Stoffwechsel sehr feine Unterschiede gegenüber einer Reihe nahe verwandter organischen Substanzen macht und selbst chemisch isomere Körper in physiologischer Beziehung ganz ungleichwertig sein können, ist hinlänglich bekannt. Insbesondere mag da an die Zuckerarten der Saccharosengruppe (Rohrzucker, Milchzucker, Malzzucker u. a.) erinnert sein, weiterhin an das sehr verschiedene Verhalten der aus identischen chemischen Gruppen aufgebauten Fumar- und Maleïnsäure. Hier haben wir chemisch ganz übereinstimmend zusammengesetzte Substanzen vor uns, deren trotzdem untereinander abweichende Eigenschaften sich auch in ihrem physiologischen Verhalten wiederspiegeln. Angesichts dieser Thatsache darf die Erscheinung der Ungleichwertigkeit beispielsweise der verschiedenen, schon chemisch verschiedenen, salpetersauren Salze noch weniger überraschen, es besteht aber andererseits nicht gerade ein Grund, sie als den naturgemässen Ausdruck der besonderen Eigentümlichkeiten der einzelnen Salze nun mit deren in den Einzelfällen verschiedenen Basis (bez. deren positivem Element) in besondere Beziehung zu bringen, entscheiden doch, wie aus den angezogenen — in gewisser Hinsicht freilich hinkenden — Beispielen hervorgeht, keineswegs allein rein chemische Momente, sondern gegebenenfalls selbst andere mit dem räumlichen Aufbau des Moleküls in Verbindung stehende Fragen.

Unter Annahme einer schwierigeren Umsetzbarkeit gerade der Natriumsalze erfuhren unsere gesamten Kulturresultate somit schon eine befriedigende Erklärung. Dieselben werden zwar allmählich verarbeitet, aber mit relativer Trägheit, wenn auch endgiltig in ziemlich umfangreichem Masse. Die Unterschiede gegen das Verhalten der Kaliumverbindungen sind also nur quantitativer, nicht qualitativer Art, und wir bedürfen zur Erklärung nicht des Mitspielens von Kaliumatomen, eines immerhin mehr einstweiligen Notbehelfs, welcher das Resultat allerdings leicht verständlich machte. Quantitative Differenzen (mit bezug auf den Effekt) haben wir auch zwischen den verschiedenen Kohlenstoffverbindungen, den einzelnen Stickstoffsalzen etc., und ihnen begegnen wir wohl überhaupt in allen diesen Fragen, obschon das bisher bezüglich

unseres speciellen Falles eigentlich unbeachtet blieb und man hier unter dem überwiegenden Eindruck einer abweichenden Auffassung einen anderen Entscheid vorzog. Warum sollte denn auch ein derartiger Unterschied nicht existieren?

Der zweite der oben genannten Punkte steht damit schon in einer gewissen Beziehung. Die Natur der innerhalb unserer Nährlösungen gegebenen Salze — mögen diese primär vorhanden sein oder sekundär durch Umsetzungen entstehen [1]) — erschwert eine schnelle Verarbeitung, sodass damit ihr Charakter ein minder „nährfähiger" wird. Die Sache ist an sich klar und bedarf kaum der Erörterung unter Heranziehen analoger Fälle. Es sei aber trotzdem noch an der Hand des mir vorliegenden Versuchsmaterials kurz darauf eingegangen.

Ersetzen wir also in den mit Kalisalpeter, phosphorsaurem Kali und schwefelsaurer Magnesia (neben Zucker) angestellten Kontrollversuchen das erstere Salz durch verschiedene andere Stickstoffverbindungen, so ist der Erfolg in den Einzelfällen ein sehr variabler, trotzdem überall reichlich Kaliumsalz (in Gestalt des nicht abgeänderten Kaliumphosphatzusatzes) vorhanden ist. Dadurch wird also schon erwiesen, dass gerade die Natur der Stickstoffverbindung auf die Nährfähigkeit der Kulturlösung sehr wesentlich influiert, während andererseits die grössere oder geringere Menge von Kaliumverbindungen innerhalb der hier gewählten Grenzen ganz belanglos ist. Ich verfüge über eine Reihe vergleichender Versuche mit Ammonnitrat, Calciumnitrat, Salmiak, Ammonsulfat, Pepton u. a., die sämtlich in denselben Quantitäten (1 %) wie das Kaliumnitrat zur Verwendung kamen.

Substituiert man also letzteres zunächst durch Kalknitrat, so hat man nunmehr ein ganz ähnliches Vegetationsbild wie auf den ausschliesslich Natriumsalze (neben Magnesiumsulfat) als Mineralstoffe führenden Kulturen: die Entwicklung ist träge und an Ernte werden nach mittlerer oder auch stark verlängerter Kulturdauer (42—214 Tage) nur recht dürftige Erträge, erzielt; es ergaben sich in den einzelnen Versuchen folgende Pilztrockengewichte:

---

1) Hierher würden auch etwaige gerade unter diesen besonderen Verhältnissen entstehende Umsetzungsprodukte, die aus irgend einem Grunde den Stoffwechsel verzögern, zu rechnen sein.

a) *Aspergillus*: 0,178
0,200
0,102
0,130
0,100
0,182
Summa: 0,892 g aus 9 g Zucker.

b) *Penicillium*: 0,168
0,113
Summa: 0,281 g aus 3 g Zucker

Es entspricht das für *Aspergillus* 9,9 % des angewandten Zuckers (9 g), für *Penicillium* 9,37 % (auf 3 g Zucker). Diese Zahlen sind also noch um etwas niedriger als die mittleren Werte für unsere obengenannten Natriumsalzkulturen (12,2 bez. 12,22 %), und das trotz der Gegenwart von Kaliumphosphat. Somit sind für den Ausfall derartiger Kulturen offenkundig noch anderweitige Faktoren im Spiele, und das allein soll hierdurch dargethan werden; es ist also ziemlich unmotiviert, die langsame Vegetation auf den obigen Versuchsgefässen gerade mit dem relativen Mangel an Kaliumverbindungen und der Unbrauchbarkeit von Natriumsalzen in Zusammenhang zu bringen [1]); sie ist Folge des durch die Versuchsbedingungen veranlassten trägeren Stoffwechsels, und solcher kann auch in kalireichen Flüssigkeiten allein durch die Art der Stickstoffverbindung hervorgerufen werden. Hiernach ist aber Natriumnitrat wie auch Calciumnitrat unter den gewählten Verhältnissen — ob beidemal aus dem gleichen Grunde, lassen wir füglich dahingestellt — eine weniger geeignete Stickstoffnahrung oder wohl richtiger ein weniger günstiges Nährsalz —, selbstredend stets zunächst nur für die hier untersuchten Pilze und die besonderen sonstigen Versuchsbedingungen, denn eine unwissenschaftliche Verallgemeinerung würde den Wert dieses Befundes von vornherein illusorisch machen.

Ähnliches — wennschon in bei weitem geringerem Grade — gilt nun für das salpetersaure Ammoniak, aber hier auch schon nur für den einen der beiden Pilze (*Aspergillus*) [2]). Die

1) Selbstverständlich ist natürlich die Entwicklung in kalisalpeterhaltigen Flüssigkeiten eine bessere. Es soll hier aber gesagt werden, dass die langsame Vegetation nicht Folge eines Mangels an irgend einem Stoff, sondern eben der besonderen Eigenschaften der Natriumsalze bez. der durch sie bestimmten Nährlösungsqualität ist.

2) und bemerkenswerterweise auch nur für eine erheblich unter dem Optimum liegende Temperatur.

Kulturen wachsen allerdings ganz erheblich schneller als diejenigen, denen nur Natriumsalze geboten waren, doch stehen Entwicklung wie Ernteergebnis immerhin hinter den mit Kalisalpeter angesetzten noch zurück. Die Ernte betrug bei *Aspergillus* im Mittel 14,58 % des angewandten Zuckers, für *Penicillium* dagegen 13,92 %. Natürlich wird man dies Ergebnis auch hier gleichfalls nicht auf den relativen Kalimangel setzen wollen.

Andererseits kann nun aber durch eine weitere Substitution des Kalisalpeters die Nährfähigkeit des Substrats — als welches hier immer Zucker in 3-proz. Lösung zu verstehen ist — ausserordentlich verbessert werden, sodass also der Fortfall von quantitativ vorherrschenden Kaliumverbindungen unter Ersatz durch Salmiak, Ammonsulfat oder Pepton von direktem Vorteil ist. Das deutet wiederum an, in welch' eminentem Grade eben die Verbindungsform des Stickstoffes resp. der stickstoffhaltigen Gruppe die Entwicklung beeinflussen kann; Giltigkeit hat die Thatsache aber zunächst gleichfalls nur für den offenbar auf wechselnde Einflüsse sehr reaktionsfähigen *Aspergillus*.

Ersetzt man also den Kalisalpeter durch die genannten Salze, so verläuft das Wachstum schon bei gewöhnlicher Temperatur in einer die bisherigen Versuche sehr erheblich an Schnelligkeit übertreffenden Weise, und man gelangt bereits nach wenigen Wochen (alle Angaben beziehen sich, wie bereits bemerkt, auf Zimmertemperatur) zu maximalen Ernten; so ergaben die einzelnen Versuche unter übrigens den früheren ganz gleichen Bedingungen (50 ccm 3-proz. Traubenzuckerlösung mit 1,75 % des Nährsalzgemisches) an Ernten:

0,413
0,418
0,425
0,440
0,436

Summa: 2,132 g aus 7,5 g Zucker, d. i. 28,4 %.

Dagegen stellten sich die genannten Kulturen bei Anwesenheit von Ammonnitrat, wie folgt:

Aspergillus:	*Penicillium:*
0,215	0,160
0,298	0,186
0,225	0,178
0,218	0,182
0,240	0,182
0,245	Summa: 0,888 g aus 7,5 g Zucker,
0,256	d. i. 11,84 %
0,197	
0,185	

Summa: 2,073 g aus 13,5 g Zucker, d. i. 15,36 %.

15 weitere Kulturen, in denen der Zuckergehalt auf 10 % gestellt wurde, gaben für *Aspergillus* 13,79 % (des Zuckers) an Ernte, sodass sich aus beiden das obige Mittel von 14,58 % ergiebt. (Über weiteres sind die Tabellen am Schluss zu vergleichen.)

Aus diesen Daten erhellt zur Genüge, in wie hohem Masse scheinbar geringfügige Einzelheiten in der Zusammensetzung der Mineralsalzlösung das Wachstum eines Pilzes zu beeinflussen vermögen [1]), und wie solches gerade bezüglich des durch die Wahl der Stickstoffverbindung erzielten Effektes gilt. Wir sehen hier graduelle Unterschiede, anfsteigend vom Calciumnitrat zum Ammonnitrat, weiter zum Kaliumnitrat und endlich zum Ammonsulfat, und bezüglich des ersten von ihnen gilt annähernd die auch für das Natriumnitrat giltige Wertschätzung. Wir wollen aber hervorheben, dass fast alle diese Differenzen durch geeignete Eingriffe wieder a u s g l e i c h b a r sind. In wie weit bei diesen Nährlösungen sekundäre Umsetzungen und Prozesse als bestimmend für ihre Qualität mitspielen, dürfen wir hier dahingestellt sein lassen, denn es ergiebt sich die physiologische Ungleichwertigkeit der einzelnen Stickstoffsalze schon ohnedies mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit, wie andererseits die Notwendigkeit, gerade dem Mitwirken von Kaliumverbindungen eine breitere Rolle zuzuerteilen, recht gering wird. Es sollte das hier aber an einem konkreten Beispiele gezeigt werden, um etwaige unserer oben vertretenen

1) Es ist darum auch unzulässig, den Effekt der Substitution irgend eines Salzes innerhalb der Nährlösung durch ein anderes ohne weiteres auf Rechnung einer etwaigen Wirkung der abgeänderten Salzbasis zu setzen, wie das wohl gelegentlich geschieht.

Anschauung scheinbar entgegenstehende Schwierigkeiten zu beseitigen. —

Das entwicklungsverzögernde Moment, welches bei Kulturen, denen Salpetersäure und Phosphorsäure allein in der Form von Natriumsalzen zugeführt werden, in Wirksamkeit tritt, ist somit voraussichtlich in der besonderen Natur dieser Salze begründet. Diese Erscheinung ist aber nicht etwa identisch mit deren etwaiger physiologischen Wertlosigkeit, denn eine solche besteht, wie hinreichend sicher konstatiert werden konnte, keineswegs, vielmehr darf man nur von einer Minderwertigkeit reden, die eben in jener zum Ausdruck kommt. Auch die früheren Bearbeiter der Frage haben — freilich gegen ihren Willen und in Gegensatz zu ihrer Deutung — in Wirklichkeit nichts anderes konstatiert; auf ein nochmaliges Eingehen auf diese Punkte und jene Annahme, die ein Mitspielen von Kaliumbeimengungen ohne den bezüglichen Nachweis hervorhob, glaube ich jedoch um so mehr verzichten zu dürfen, als ich in Kürze derselben Frage von einem etwas erweiterten Standpunkte nahetreten möchte.

Es genügte mir an diesem Orte, und, wie ich meine, ohne stichhaltigen Einwänden breiteren Raum zu lassen, dargethan zu haben, dass von den genannten Pilzen nutzbare Salze des Natriums, wenn auch im ganzen schwieriger, so doch in umfangreicher Weise, im Stoffwechsel zersetzt werden können, und dass unter solchen Umständen — abgesehen von jener bemerkenswerten Verzögerung — die vegetative Entwicklung wie auch die Conidienbildung eine sehr merkliche Einbusse nicht erleiden.

Zum Schluss sei in Kürze noch ein unmittelbar mit dem vorhergehenden in Zusammenhang stehender Punkt berührt.

Die notwendige Folgerung aus unseren Versuchen ist die, dass die Asche der genannten Pilze, sofern sie sich unter natürlichen Verhältnissen entwickeln, ganz vorwiegend Kaliumsalze und nur untergeordnet solche des Natriums enthalten muss. Wir gelangen also ohne weiteres zu einem ziemlich klaren Verständnis dieser längst bekannten — und nicht nur für Pilze giltigen — Erscheinung, denn naturgemäss werden auch die am leichtesten im Stoffwechsel verarbeiteten Salze in grösserer Menge

aufgenommen, sodass also der hohe Kaliumgehalt von Pflanzenteilen überhaupt nicht mit einer besonderen Funktion dieses Elements oder seiner Verbindungen, sondern allein mit der relativ leichteren Zersetzbarkeit (wohl insbesondere des Nitrats) im Organismus zusammenhinge. Denn eine Folge dieser — unter Abscheidung der gewöhnlich an Oxalsäure gebundenen Basis — ist natürlich ein Nachströmen gerade von Kaliumsalzen und successive Ansammlung des als Zersetzungsprodukt des Nitrats dastehenden Oxalats. Wie in anderen Fällen die Abscheidung eines Stoffes in unlöslichem Zustande [1]), so ist hier die relativ schnelle Verarbeitung Ursache einer Stoffanhäufung — einer Ansammlung, wie sie innerhalb der gleichen Zeit weder für nutzbare Natron- noch für ebensolche Kalksalze zutrifft [2]), und die gerade in jugendlichen Organen bereits zu einem ganz vorwiegenden Gehalt an Kaliumverbindungen führt.

Die Bedeutung von Kaliumsalzen für den Organismus — und hier scheint sich der tierische dem pflanzlichen sehr ähnlich zu verhalten — würde damit wohl befriedigend erklärt; sie würde nicht in irgend welchen dunklen Beziehungen zum Lebensprozess oder gewissen Äusserungen desselben, sondern allein in dem oben genannten — als Bedingung normalen Stoffwechselverlaufs dastehenden — Punkte zu suchen sein. Es ist dann auch verständlich, warum nicht ein beliebiges, sondern nur gewisse Salze desselben [3]), und zwar gleichfalls nur unter bestimmten Umständen, von Wichtigkeit sind.

Eine jedenfalls schwierigere Verarbeitbarkeit — also eine mindere Nährfähigkeit — der in betracht kommenden Natriumsalze dürfen wir in Hinblick auf die vorliegenden Erfahrungen wohl auch für manche Phanerogamen folgern; wenn man hier aus den Kulturversuchen direkt auf deren absolute Wertlosigkeit (bei Abwesenheit von Kaliumsalzen) schloss, so erklärt

---

1) cf. Pfeffer, Pflanzenphysiologie. Bd. I. p. 58.

2) hier mit Ausnahme bestimmter Fälle (insbesondere wo durch Festlegung als Oxalat oder Abscheidung als Carbonat eine weitere Zufuhr angeregt oder ermöglicht wird).

3) Bekanntlich kann auch Chlorkalium u. a. sehr vorteilhaft wirken; es ist aber noch nirgend näher verfolgt, welche Umsetzungen dem Eintritt dieses in den Stoffwechsel oder auch nur in die Zelle voraufgehen.

sich das schon hinreichend aus der besonderen Sachlage, derzufolge Phanerogamen für solche Experimente überall weniger geeignet sind und bei unzureichender oder gestörter Ernährung in der Regel nach kurzem zu grunde gehen. Übrigens liegt ein Zwang weder für das gleiche, noch für das gleichmässige Verhalten dieser auch schliesslich nicht vor.

Andererseits wird durch solche Versuche aber immerhin wieder auf die Bedeutung hingewiesen, welche gerade den pilzlichen Organismen für die Entscheidung allgemeinerer Fragen insbesondere auch auf physiologischem Gebiet zukommt, und wie andererseits ein möglichstes Fernhalten von schematischen, auf bloss chemischen Betrachtungen ohne Berücksichtigung der besonderen Natur des Organismus, beruhenden Vorstellungen von Vorteil ist.

IV. Zusammenstellung der Kulturresultate.

I. Natriumsalz-Kulturen.

Ernte bei Abwesenheit von Kaliumsalzen unter den in den Einzelfällen näher präcisierten Bedingungen.

	Pilzspecies und angewandte Nährlösung		Ernte	Kultur-Aussehen	Kultur-dauer
1)	*Aspergill.*	50 ccm mit 1½ g (3 %) Dextrose	0,250		
2)	„	1,75 % $NaNO_3$ (das gleiche Gemenge	0,240	überall volle Decken mit reichlicher Sporenbildung, doch langsames Wachstum	100 Tage (8. XII.—17. III.)
3)	„	1,75 % Na_2HPO_4 bei allen folgenden	0,228		
4)	*Penicill.*	1,75 % $MgSO_4$ Versuchen	0,182		
5)	„		0,206		
6)	„		0,154		
	9 g Dextrose gaben also Summa an Pilzsubst.		1,260 (= 14 %)	Frisch-gewicht	
		Asche	0,007		
7)	*Aspergill.*	500 ccm mit 10 % D. (+ 1 % NH_4Cl)	5,016	22,5 kräftige D., teilweise grau, z. T.	134 Tage (5. XI. bis 19. III.)
8)	„	„ „ „ „ und $NaNO_3$-Nährlsg.	5,090	29,0	
9)	„	„ „ „ 10 % Rohrzucker „	2,720	20,5 mit reichlicher Sporenbildung	
10)	„	200 „ „ „ Dextr. „	0,906	7,5	
11)	„	500 „ „ „ Rohrz. „	1,984	16,5	
12)	*Penicill.*	„ „ „ „ Dextr. (NH_4Cl.-Zus.)	7,905	48,0 starke D., doch nur teilweise ergrünend, langsames Wachstum	
13)	„	200 „ „ „ „ $NaNO_3$-Nhlsg.	2,910	41,2	
14)	„	500 „ „ „ Rohrz. „	3,330	53,8	
	Also in Summa aus 340 g Zucker		29,661 (=9,05%)	239,0 g	
		Asche	0,300		
15)	*Aspergill.*	50 ccm mit 3 % D. 1/10 $NaNO_3$	0,242		
16)	„	„ „ „ „ „ 1 % „ (H_3PO_4)	0,254	weisse D. sonst normal braun-schwarze üppige D.	90 Tg. (21. VII.—18. X.) (Dunkelk.)
17)	„	„ „ „ „ „ „ „	0,183		
18)	„	„ „ „ 10 % D. „ „ („)	0,530	weisse D.	
19)	„	„ „ „ „ „ „	0,242		
20)	„	„ „ „ „ „ „ („)	(0,010)	weisses Mycel	
21)	*Penicill.*	„ „ „ 3 % D. „ „	0,130	grünliche D.	
22)	„	„ „ „ „ „ „ („)	0,151		
	Also in Summa aus 17,5 g Zucker		1,732 (= 9,9 %)		
		Asche	0,239		
23)	*Aspergill.*	100 ccm mit 10 % Olivenöl 1 % $NaNO_3$	0,490		
24)	„	„ „ „ „ „ „	1,112		
25)	„	„ „ „ „ Glycerin „	0,744	meist kräftige Decken, doch mehrfach mit zurücktretender Conidienbildung. Langsames Wachstum	98—105 Tg. (10. III. bis 26. VII.) (18. III.)
26)	„	„ „ „ „ „ „	0,720		
27)	„	„ „ „ „ „ „	1,052		
28)	*Penicill.*	„ „ „ „ „ „	0,541		
29)	„	„ „ „ „ „ „	0,821		
30)	„	„ „ „ „ „ „	0,633		
31)	„	„ „ „ „ Olivenöl „	2,138		
	Summa aus 90 g Substanz		8,251 (=9,18%)		
		Asche	0,196		
	Also in Summa aus 30 g Öl		3,740 (=12,5%)		
	„ „ „ „ 60 „ Glycerin		4,511 (=7,52%)		

II. Kulturen mit Kaliumsalzen und wechselnder Stickstoffquelle.

		Ernte				Ernte	
1) *Aspergillus*	50 ccm mit 1½ g D. (3 %)		1) *Aspergillus*	50 ccm mit 1½ g D.	0,413	
	1 % KNO_3	0,305		1 % NH_4Cl oder		
	KH_2PO_4	0,430		$(NH_4)_2SO_4$	0,418	
	$MgSo_4$	0,278		KH_2PO_4	0,425	
	(24—90 Tage)	0,348		$MgSo_4$	0,440	
		0,380		(24—36 Tage)	0,436	
		0,310				
	9 g Dextr. gaben also in 6 Vers. =	2,051		7,5 g Dextr. gaben in 5 Vers. =	2,132	
2) *Penicillium*	Nährlösung wie oben	0,170	2) *Penicillium*	wie oben	0,212	
		0,200		(bez. NH_4-Oxalat)	0,161	
	(30—90 Tage)	0,274		(48—120 Tage)	0,212	
		0,260			0,150	
	6 g Dextr. gaben in 4 Vers. =	0,874		6 g Dextr. gaben in 4 Vers. =	0,735	
1) *Aspergillus*	50 ccm m. je 1½ g D	0,298	1) *Aspergillus*	50 ccm mit je 5 g D. (10 %)	0,412	hier
	1 % NH_4NO_3	0,215			0,695	KNO_3
	KH_2PO_4	0,225		N. NH_4NO_3	0,620	
	$MgSo_4$	0,218		N. KH_2PO_4	0,820	
	(23—60 Tage)	0,240		N. $MgSO_4$	0,597	
		0,245		(17—150 Tage)	0,690	
		0,250			0,795	
		0,197			0,760	
		0,185			0,835	
					0,755	
					0,600	
					0,692	
	13,5 g D. gaben in 9 Vers. =	2,073		6,0 g Dextr. gaben in 12 Vers. =	8,271	
2) *Penicillium*	Nährlösung wie oben	0,160	2) *Penicillium*	Nährlösung wie oben	0,980	
		0,180			0,521	
	(30—86 Tage)	0,178			0,902	KNO_3
		0,182				
		0,182				
	7,5 g Dextr. gaben in 5 Vers. =	0,888		15 g Dextr. gaben in 3 Vers. =	2,403	
1) *Aspergillus*	50 ccm m. je 1½ g D.	0,178	1) *Aspergillus*	50 ccm mit je 3 g Glycerin (6 %)	0,475	
	1 % $Ca(NO_2)_2$	0,200		(44—58 Tage)	0,320	
	KH_2Po_4	0,102		6 g Glycerin gaben	0,795	
	$MgSo_4$	0,130	2) *Penicillium*	wie oben	0,190	
	(42 Tage)	0,100		(44 Tage)	0,165	
		0,182		6 g Glycerin gaben	0,355	
	9 g Dextr. gaben in 6 Vers. =	0,892	*Penicill.*	je 1½ g 3 % Glycerin	0,195	
2) *Penicillium*	wie oben	0,168			0,228	
		0,113		(44—56 Tage)	0,100	
					0,145	
					0,110	
	3 g Dextr. gaben in 2 Vers. =	0,281		7,5 g Glycerin gaben =	0,778	

III. Zusammengefasste Resultate sämtlicher Kulturen.

Summe der Erntegewichte verglichen mit dem Gewichte des verbrauchten (bez. dargebotenen) organischen Substrats bei wechselnder Stickstoffnahrung	Prozente an Ernte bezogen auf den angewandten Zucker		
	Asperg.	*Penicill.*	Mittelwerte
1) Stickstoff als KNO_3 (KNO_3-Nährlösung)			
Asperg. gab aus 9 g Zucker[1]) (in 6 Einzelversuchen) 2,051 g Pilzgewicht	22,79		22,79
Penic. aus 6 g Zucker (4 Vers.) 0,874 g P.		14,57	14,57
2) Stickstoff als NH_4NO_3 (NH_4NO_3-Nährlösung)			
Asperg. aus 13,5 g Zuck. (9 Vers.) 2,073 g P.	15,36		14,58
„ „ 60 „ „ (10 „) 8,271 „ „	13,79		
Penic. „ 7,5 „ „ (5 „) 0,888 „ „		11,84	13,92
„ „ 15 „ „ (3 „) 2,403 „ „		16	
Asperg. „ 6 „ Glyc. (2 „) 0,795 „ „	13,25		13,25
„ „ 1,5 „ Öl (1 „) 0,810 „ „	(54)		
3) Stickstoff als $Ca(NO_3)_2$ ($Ca(NO_3)_2$-Nährlösung)			
Asperg. aus 9 g Zucker (6 Vers.) 0,892 g P.	9,9		9,9
Penic. „ 3 „ „ (2 „) 0,281 „ „		9,37	9,37
4) Stickstoff als NH_4Cl (NH_4Cl-Nährlösung)			
Asperg. aus 7,5 g Zuck. (5 Vers.) 2,132 g P.	28,4		28,4
Penic. „ 6 „ „ (4 „) 0,735 „ „		12,25	12,25
5) Stickstoff als $NaNO_3$ ($NaNo_3$-Nährlösung)			
Asperg. aus 4,5 g Zuck. (3 Vers.) 0,718 g P.	15,96		12,02
„ „ 100 „[2]) „ (2 „) 10,106 „ „	10,11		
„ „ 14,5 „ „ (4 „) 1,451 „ „	10		
„ „ 30 „ Glyc. (3 „) 2,516 „ „	8,38		8,38
„ „ 100 „ Rohrz. (2 „) 4,704 „ „	4,704		4,7
„ „ 20 „ Öl (2 „) 1,602 „ „	(8,01)		
Penic. aus 4,5 g Zucker (3 Vers.) 0,532 g P.		11,8	12,22
„ „ 70 „ „ (2 „) 10,815 „ „		15,45	
„ „ 3 „ „ (2 „) 0,282 „ „		9,4	
„ „ 10 „ Öl (1 „) 2,138 „ „		21,38	
„ „ 30 „ Glycn. (3 „) 1,995 „ „		6,65	6,65
„ „ 50 „ Rohrz. (1 „) 3,330 „ „		6,66	

1) Als Zucker schlechthin ist stets Dextrose (Traubenzucker, Stärkezucker) zu verstehen.

2) Abzüglich des Resultats der infizierten Kultur in Nr. 10 von p. 138.

4.

Die auf und in Lösungen freier organischer Säuren mit Vorliebe auftretenden Pilzformen (Säure-liebende Pilze).

(Mit Abbildung.)

Inhalt.

I. Die Vegetation verdünnter Citronensäurelösungen p. 143
II. Die Vegetation der Krystallisationsgefässe in Weinsäurefabriken . . . . . „ 149
III. Pilzbildungen auf anderen sauren Substraten (Säften, Früchten, Zuckerlösungen) . . . . . „ 153

I. Die Pilzflocken in verdünnten Citronensäure-Lösungen.

Eine allgemeiner bekannte Erscheinung sind die mit Vorliebe in verdünnten Lösungen organischer Säuren, wie man sie in Laboratorien beispielsweise zu Titrierzwecken vorrätig zu halten pflegt, auftretenden Pilzflocken [1]). Gewöhnlich finden dieselben sich in grösserer Zahl alsbald nach Herstellung der meist geringprozentigen Säurelösung ein und wachsen alsdann langsam zu voluminösen kugligen Gebilden heran, die, ohne an die Oberfläche zu gelangen, frei flottieren, aber keinerlei Organe besonderer Art (Fortpflanzungsorgane) entwickeln und gleichmässig aus zarten, reich verzweigten, septierten farblosen Hyphen zusammengesetzt sind. Jedenfalls kommt es seltener zu Deckenbildungen und dann auch nur nach sehr langer Zeit.

Ihren Ursprung nehmen diese submersen sterilen Mycelien offenbar aus Sporen, die bereits den Materialien zur Bereitung der Lösung anhingen oder nachträglich in diese hineingelangten. Dass solche an diesem Orte auskeimten, nimmt auf Grund der bekannten Nährfähigkeit organischer Säuren für manche Organismen kaum wunder; zumal Citronensäure- und Weinsäure- (resp. Traubensäure-) Lösungen sind keine schlechten Kohlenstoffquellen, erheblich weniger allerdings diejenigen von Oxalsäure, wo man der Erscheinung gelegentlich gleichfalls begegnet. In allen Fällen findet naturgemäss ein langsamer Verbrauch der Säure statt, doch ist der unter solchen Verhältnissen so gering, dass eine Abnahme der Acidität wohl erst nach langer Zeit überhaupt messbar ist. Aufmerksamkeit von seiten einiger Be-

---

1) Als Seitenstück dazu seien hier die Vegetationen grüner einzelliger Algen in den als Reagentien vorrätig gehaltenen Kalium- und Natriumphosphat-Lösungen beiläufig erwähnt. Auffallend ist hier insbesondere die Konzentration solcher Lösungen (es handelt sich um vollgesättigte), welche von diesen Organismen ohne direkten Nachteil ertragen wird, obschon sie für die meisten anderen unbedingt verderblich ist.

obachter fanden bisher allein die in Oxalsäure-Lösungen sich findenden derartigen Flockenbildungen — die übrigens *Dematium*-ähnliche Formen zeigen — ohne dass deren Natur jedoch bis zur Zeit genügend sicher festgestellt wäre. Jedenfalls hat man es nicht mit dem gewöhnlich in der Litteratur aufgenannten *Penicillium glaucum* zu thun, und derartige Angaben entbehren bis zur Zeit der genügenden Stütze.

Solchen Pilzbildungen kommt in biologischer Hinsicht ein gewisses Interesse zu, denn in der That sind die Lebensverhältnisse unter solchen Umständen etwas eigentümliche. Zu der Wirkung der freien organischen Säure gesellt sich der Mangel an Nährsalzen, und insbesondere geht wohl der Stickstoffgehalt des Mediums auf verschwindende Werte herunter; weiterhin ist dann noch der gehemmte Luftzutritt zu beachten. Immerhin zeigt aber die Thatsache, dass die hier in Betracht kommenden Organismen unter den obwaltenden, für die Mehrzahl der Formen unzureichenden Verhältnissen noch ihre Rechnung finden und den erforderlichen Aufwand auf Kosten der freien Säure und ihrer geringfügigen Verunreinigungen, trotz der für die meisten Organismen nachteiligen Wirkung jener, bestreiten. Dieserhalb haben sie ein gewisses Interesse und dürfen es auch mit Recht beanspruchen. Die Frage nach der bisher nicht erörterten specifischen Natur derselben ist also nicht ohne jede Berechtigung.

Voraussichtlich haben wir es in dieser Flora solcher Säure-Lösungen wohl mit einer Reihe von Arten, also nicht bloss mit einer einzigen zu thun, und selbst der botanische Charakter der speciell in 1—3-proz. Lösungen reiner Citronensäure sich findenden wird nicht immer derselbe sein, wennschon naturgemäss die sterilen Flockenbildungen, welche Artunterschiede nicht darbieten, darüber nichts aussagen. Es können also gegebenenfalls auch wohl andere Formen, als die unten von mir ermittelten, noch mit in Betracht kommen, und meine Mitteilungen haben demgemäss zunächst immer nur für die mir vorgelegenen Untersuchungsmaterialien Giltigkeit. Dass sie aber andrerseits nur Spezialfälle darstellen, wird schon durch manche Einzelheiten selbst widerlegt.

Durch das gestellte Ziel — also die besondere botanische Art solcher Mycelien zu ermitteln — wird auch die Methode vorgeschrieben. Jenes fordert das Vorliegen von charakteristischen

Fortpflanzungsorganen, und zwecks Erlangung solcher bedarf es der Vegetation unter möglichst günstigen Ernährungsverhältnissen. Herbeiführung solcher ist also zunächst unsere Aufgabe und voraussichtlich wird dieselbe durch einen Substratwechsel gelöst. Da im allgemeinen Zuckerlösungen mit den erforderlichen Nährsalzen saprophyten Mycelpilzen einen sehr geeigneten Entwicklungsboden abgeben, handelte es sich also auch hier zunächst um eine Uebertragung jener Flocken in derartige keimfreie Nährlösungen und Beobachtung des weiteren Verhaltens.

Bezüglich der Einzelheiten sei bemerkt, dass dementsprechend eine Zahl derartiger Gebilde mittelst Platindraht aus den vorliegenden ca. 3-proz. Lösungen reiner (für Titrierzwecke vorrätig gehaltenen) Citronensäure entnommen und in mit Watteverschluss versehene Kulturkolben [1]) übertragen wurde. Hier begannen dieselben alsbald sichtbar zu wachsen und vergrösserten bereits während der folgenden Tage ihr Volumen um ein Wesentliches, aber trotzdem bedurfte es der Zeit von einigen Wochen, bis aus ihnen massigere voluminöse Gebilde hervorgingen, sodass die Entwicklung im ganzen nur eine mässig schnelle war. Das Resultat war dann endlich insofern eigenartig, als das definitive Produkt keine gut charakterisierte Conidien-bildende Decke, sondern eine den gesamten Flüssigkeitsraum ausfüllende homogene schleimig-fädige Masse von relativ fester Beschaffenheit war. Es fehlten sowohl besondere Fortpflanzungsorgane irgend welcher Art, wie auch an keiner Stelle ein Hervortreten von Hyphen über die Flüssigkeitsoberfläche stattfand.

Eine neue Kulturreihe (je 4 Versuche) gab dasselbe Resultat, und nicht anders verhielt sich eine dritte mit etwas abgeänderter Nährlösung. In allen Gefässen gleichmässig entwickelte sich wieder jene die genannte Flüssigkeit ausfüllende relativ feste, schleimige Mycelmasse, die weder makro- noch mikroskopisch besondere Merkmale aufwies und über den Charakter des Pilzes nichts aussagte.

---

1) Erlenmeyer-Kolben mit je 50 ccm einer 10-proz. Stärkezuckerlösung, der 1,75 % des Gemisches von Ammonnitrat (1 Teil), prim. Kaliumphosphat (0,5 Teil) und Magnesiumsulfat kryst. (0,25 Teil) zugesetzt wurde. Alle Beobachtungen gelten für Zimmertemperatur (13°—18° C).

Nach längerer Zeit endlich vollzog sich darin eine Änderung, denn nunmehr — und zwar im ganzen nach Verlauf von 4—16 Wochen — traten an vereinzelten Stellen zarte Hyphen über die Oberfläche hinaus und bildeten hier ein feines, loses Luftmycel, welches denn auch alsbald schwach grüne Farbe annahm, die in den verschiedenen Gefässen bald inselartig, bald gleichmässiger die Oberfläche bedeckte, in anderen Fällen auch wieder vorzugsweise sich auf die Randpartien beschränkte. Lebhaftere Färbungen an farblosen Mycelien deuten im allgemeinen auf die Bildung von durch solche ausgezeichneten Vermehrungsorganen, und dieser Fall lag auch hier vor, denn mikroskopisch liess sich nunmehr feststellen, dass es an den ergrünten Stellen zur Erzeugung zarter Conidienträger kam, welche an der Spitze fein auslaufender Sterigmen überaus kleine Conidien in reichlicher Menge produzierten. Die Natur der sporenbildenden Organe wich von der der vegetativen Hyphen nicht ab; sie unterschieden sich von ihnen nur durch den Besitz jener vereinzelt stehenden oder zu mehreren im Wirtel angeordneten Sterigmen, wie man sie bei der Gattung *Verticillium* antrifft.

Wennschon der ganze Sachverhalt die Zugehörigkeit dieser Conidienträger zu jenen Mycelflocken schon ausser Zweifel stellte, und es bei dem gleichmässigen Auftreten derselben in allen bezüglichen Kulturen schlechterdings kaum anders sein konnte, so lieferte doch überdies die Aussaat der abgeimpften Conidien auf neue Nährlösungen den strikten Beweis hierfür. Nunmehr wuchs aus denselben wieder jene die gesamte Flüssigkeit ausfüllende schleimige Mycelmasse hervor, welche nach Verlauf einiger Zeit unter mehr oder minder ergiebigem Ergrünen die gleichen Conidienträger auf ihrer Oberfläche produzierte.

Die fraglichen Flockenbildungen gehören hiernach einem keineswegs seltenen unscheinbaren Mycomyceten an, der auf grund des Fehlens anderweitiger Reproduktionsorgane in die Gruppe der Hyphomyceten gestellt wird. Jedenfalls kamen auch sonst nirgends Organe besonderer Art, die als solche zu deuten waren, zur Beobachtung, obschon ich den Pilz weiterhin auch auf anderen Substraten (gekochtes Weissbrot) in Kolben und Reagenzgläsern kultivierte.

Einige Aufmerksamkeit verdient die nach den mitgeteilten Beobachtungen dem Pilz zukommende Eigentümlichkeit, mit Vorliebe innerhalb der Nährlösung sich auszubreiten, also weniger zu einer eigentlichen Deckenbildung zu schreiten, wie man solche bei andern Formen zu stehen gewohnt ist. Wo es zu zarten oberflächlichen Häuten aus etwas dichter verwobenen Fadenmassen kam, wurde trotzdem zunächst die Flüssigkeit von dem Mycel nach allen Richtungen dicht durchwachsen, und ersteres war im allgemeinen erst die Folge, aber nicht der Beginn der Erscheinung. Ob das in meinen Versuchen mehr zufällig, also vielleicht gerade unter den hier obwaltenden Verhältnissen — und als Folge derselben — stattfand, soll hier nicht untersucht werden [1]), es bleibt aber trotzdem doch eine Eigentümlichkeit und stimmt auch mit der Art des Auftretens in den Citronensäure-Lösungen überein.

Die Bedingungen bei einer solchen Entwicklung innerhalb der Flüssigkeit sind offenbar etwas andere als auf der Oberfläche, und in den hier zur Beobachtung gekommenen Fällen waren dieselben offenbar zusagendere, denn der Pilz suchte dieselben, obschon speciell die späteren Impfungen mit zunächst auf der Oberfläche schwimmenden Sporen von vornherein eine andere Entwicklungsart begünstigen mussten. Dabei kann ja mehreres eine Rolle spielen (Vorzug der submersen Lebensweise an sich oder auf Grund beschränkten Luft[Sauerstoff]-Zutritts etc.), dessen Erörterung ohne geeignete Versuche aber gegenstandslos ist. Uns interessiert an diesem Orte zunächst nur die Vorliebe desselben für die verdünnten Säurelösungen und zwar auch hier gerade in der Form submerser Vegetation.

Was die Art betrifft, so dürfte es sich um das bereits von Bonorden [2]) beschriebene und kenntlich abgebildete *Verticillium glaucum* handeln, welches nach Saccardo [3]) auf Holz

---

1) Bemerkt sei jedoch, dass mir der Pilz auch später wiederholt gerade in dieser schleimig-fädigen submersen Form in spontan infizierten Nährlösungen zu Gesicht kam. Auf Weissbrot kultiviert bildet er grünliche Überzüge.

2) Handbuch der allg. Mykologie. Stuttgart 1851. p. 97. Taf. V. Fig. 120.

3) Sylloge. Vol. 4. Hyphomycetes. 1886. p. 157. (Abbild. in „Fungi italici", tab. 723).

(von Buchen etc.) vorzukommen pflegt. Man findet es übrigens sehr häufig auf alten toten Zweigen der verschiedensten Bäume, sofern man diese längere Zeit im feuchten Raume (unter Glasglocke) aufbewahrt; das Mycel lebt hier innerhalb des alten Rinden- und Holzgewebes und erzeugt stellenweise an der Oberfläche kleine Rasen von Conidienträgern, die so reichlich (in Masse dunkelgrün erscheinende) Sporen abschnüren, dass die rundlichen, wenige Millimeter im Durchmesser haltenden Polster mikroskopisch die Conidienträger selbst nur schwer auffinden lassen. Dass die Ansprüche des Pilzes an das Substrat äusserst geringe sind, geht auch daraus hervor, dass reichliche Vegetation und Sporenbildung noch auf durch andauerndes Auswaschen von den meisten löslichen Bestandteilen befreieten toten Zweigen auftritt. Gegenüber diesem Vorkommen auf Hölzern muss allerdings dasjenige in den Lösungen der freien Citronensäure einigermassen auffallen. Offenbar sind seine Conidien aber innerhalb der Atmosphäre recht verbreitet und nehmen alsbald an irgendwie geeigneten Orten, wo insbesondere eine Konkurrenz fremder Formen weniger ins Gewicht fällt, ihre Entwicklung auf; so beobachtete ich den Pilz ein andermal, freilich nur zeitweise, aber sehr reichlich, auch auf verfaulten Apfelsinen-Massen, wo sonstige Mycelpilze bereits abgewirtschaftet hatten und nur noch Bakterien die Hauptvegetation bildeten.

Die anfangs zart hellgrüne Farbe — seltener sind gelbliche Töne — der jungen Luftmycelien geht übrigens auch in Kulturen bald in ein dunkleres sattes und späterhin unansehnliches Grün über. Die Conidien sind kugelig bis schwach oval, mit zarter, glatter Wand, und auch hier bei stärkerer Vergrösserung ohne merklich hervortretenden Farbenton; ihre Grösse misst ungefähr 2,7 μ i. Dm.

Anderweitige Organismen wurden bisher von mir in reinen Citronensäure-Lösungen, wenigstens in mehr oder weniger entwickeltem Zustande, nicht beobachtet. Dass aber jedenfalls die Keime solcher nicht fehlen, ergiebt sich aus der Thatsache, dass nach Zuführung von Nährsalzen und event. noch von Zucker alsbald andere Vegetationen auftreten, die in der Regel freilich auch von grüner Farbe, aber mikroskopisch

leicht von den genannten zu unterscheiden sind. Insbesondere findet man da die bereits a. a. O. eingehender von mir beschriebenen und als *Penicillium luteum* Zuk. und *Citromyces Pfefferianus* m. bekannten Formen.

II. Die Pilzvegetation auf Weinsäure-Lösungen.

Ebenso häufig wie die Lösungen der soeben genannten Säure werden diejenigen der Weinsäure von Pilzbildungen heimgesucht; auch hier findet man vorwiegend im Innern flottierende graue Mycelflocken, die jedoch nicht selten — und scheinbar abhängig von den besonderen Umständen — auch an der Oberfläche als farblose oder stark missfarbige, dichthäutige sterile Gebilde sich ausbreiten. Besonders auffallend beobachtet man die letztere Erscheinung gelegentlich in den Krystallisationsgefässen der Weinsäure-Fabriken, wo die stark sauren, relativ konzentrierten und am Boden Krystalle absetzenden Lösungen der freien Weinsäure von grauen Pilzhäuten überzogen bez. mit schmutzig-grauen bis dunklen Flecken durchsetzt werden. Diese Pilzwucherungen erscheinen bereits auf grund ihrer ausserordentlichen Widerstandsfähigkeit gegen jene konzentrierten Lösungen einer starken organischen Säure von einem gewissen Interesse, wennschon es auch bei dem gänzlichen Mangel von Fortpflanzungsorganen zunächst zweifelhaft bleiben muss, ob hier eine einheitliche Species oder ein wirres Gemenge verschiedener vorliegt.

Die Bearbeitung dieser Frage habe ich bereits vor einiger Zeit durch Kulturversuche zu erledigen versucht und hierzu Proben des auf derartigen Krystallisationsgefässen gewachsenen Materials [1]) verwandt. Die Konzentration der Säure stellte sich

---

1) Dasselbe stammte von Weinsäurelösungen aus den „Fabriques de Produits chimiques“ zu Thann i/Elsass (1892), wo es bisweilen zu umfangreichen, dichten grauen Häuten heranwuchs. Selbe pflegen auf Grund der verursachten Säurezerstörung natürlich in den Fabriken alsbald entfernt zu werden.

nach einer diesbezüglichen Bestimmung auf 13,3 % (6 ccm zur Trockne eingeengt, ergaben einen festen Rückstand an krystallinischer freier Säure von 0,8 g). Im einzelnen wurde wie oben verfahren.

Kleinere freipräparierte Flocken des submersen schleimigen sowie oberflächlichen häutigen Materials wurden in eine Anzahl von Kulturkolben übertragen, die je 50 ccm einer 10-proz. Traubenzuckerlösung mit den erforderlichen Mineralsalzen enthielten, und in zwei Fällen einen Zusatz von 5 und 10 % Weinsäure, in weiteren 3 Fällen einen solchen von 6 und 12 % Traubensäure empfingen, im übrigen selbstverständlich der notwendigen Vorbehandlung (Sterilisation) unterworfen wurden. Das zunächst submerse Wachstum der eingebrachten Hyphen verlief insbesondere in der säure-freien Flüssigkeit mit relativer Schnelligkeit, sodass hier schon nach Verlauf einer Woche die Oberfläche erreicht wurde, und nunmehr umfangreiche, bald ergrünende Polster sich auf derselben ausbreiteten. Auf den übrigen (sauren) Kulturlösungen war der Fortschritt langsamer; es bildeten sich hier zunächst sterile weisse Polster, die insbesondere auf den Lösungen mit dem 10- und 12-proz. Säuregehalt nur allmählich ergrünten, sodass hier selbst nach 4-wöchentlicher Kulturdauer nur grösstenteils sterile, aber endgiltig gleichfalls ergrünende, weisse derbe Decken vorhanden waren.

Als Wesentliches ergab sich, dass die Conidienfruktifikation in allen Fällen eine übereinstimmende und einheitliche war, sodass hiernach wenigstens die Hauptmasse der sterilen Hyphen einer einzigen Species angehörte. Diese selbst charakterisierte sich unschwer als eine Hyphomyceten-Art mit einfachem, unverzweigtem, oft kolbig angeschwollenem Conidienträger, der in allen wesentlichen Einzelheiten mit dem von mir bei *Citromyces* beschriebenen übereinstimmte und somit irgend einer Species dieses Genus angehörte. Wennschon Blase wie Sterigmen und auch die Deckenfarbe merkliche, doch geringe Differenzen gegen die bisher beschriebenen 2 Arten aufwiesen, so sehe ich einstweilen doch davon ab, hier Bestimmtes anzugeben, da ein genauer Verfolg dieser difficileren, mit manchen Schwierigkeiten behafteten Punkte durch anderweitiges zunächst in den Hintergrund gedrängt wurde. Wenn schon die Unterscheidung der erheblich ansehnlicheren grünen *Aspergillus*- und *Penicillium*-

Species nach der Form ihrer Conidienträger mancherlei Schwierigkeiten bietet, so wachsen diese doch noch um ein Beträchtliches bei einer Gruppe, wo die morphologischen Merkmale der winzigen Fruktifikationsorgane bei gleichzeitiger Variabilität noch weit unscheinbarer — bis zur vollständigen Verwischung — werden.

Einstweilen habe ich mich auf die Isolierung der Art in Reinkulturen und Prüfung deren Säuerungsvermögen beschränkt. Hiernach erzeugte der Pilz in Zuckerlösungen gleichfalls eine ergiebige Citronensäure-Gärung, die in einzelnen Versuchen zur Abspaltung einer die Hälfte des konsumierten Zuckers übersteigenden Säuremenge (12 g kryst. Säure aus 20 g Dextrose) führte. Die Deckenfarbe dieser Form war grau-grün mit dunkler Nüance, ihre Oberfläche ähnlich der mancher Penicillien, nicht glatt, sondern erklärt rauh bis kurzfilzig-wollig. Die Sterigmenlänge mass 10—12 μ, der Conidienträgerstiel in der Dicke 3—4,5 μ. Es sind das aber — wie auch der breite Kopf des letzteren — im ganzen nicht zu überschätzende und für eine Species-Diagnose unzureichende Merkmale, welche noch durch eine kritische Bearbeitung dieser Formengruppe näher auf ihren wirklichen Wert zu prüfen sind.

Hiernach ist es nicht ohne Interesse, zu sehen, wie ein durch die Eigentümlichkeit eines ausgesprochenen Säurebildungsvermögens ausgezeichneter Pilz auch unter natürlichen Verhältnissen gern starke Säurelösungen als Substrat wählt und es da zu einer nicht unergiebigen Entwicklung bringt. Weiterhin ist aber bemerkenswert, dass die beiden hier in Frage stehenden Säuren verschiedenartige sind, die Weinsäure somit in gleicher Weise eine Bevorzugung von seiten seines Stoffwechsels erfährt, wie solche nach früheren Feststellungen der Citronensäure zukommt, denn beide sind in mässiger Konzentration nicht bloss unschädlich, sondern sehr geeignete Nährstoffe für diese Art.

Dieselbe ist übrigens der so gut wie alleinige Bestandteil der auf den 12-proz. Weinsäure-Lösungen sich findenden Pilzdecken, sodass man nach geeigneter Entfernung oberflächlich anhaftender Keime bereits aus kleinen Partikelchen derselben so gut wie ausnahmslos Reinkulturen erhält.

Übrigens ist die hier erwähnte Thatsache keineswegs so

ganz neu oder gar einzig dastehend, sondern hat in einigen ähnlichen ihr Seitenstück. So finden Essigsäure-Bakterien nach Pasteur bekanntlich in bereits essigsauren Substraten einen besonders günstigen Entwicklungsboden, und der reichlich freie Oxalsäure abspaltende *Aspergillus niger* ist gegen die Wirkung gerade dieser Säure besonders widerständig, bevorzugt im übrigen auch sonst säuerliche Substrate, sodass nach gleichlautenden Angaben sein alsbaldiges Auftreten in tanninhaltigen Nährlösungen ziemlich sicher zu sein pflegt, und ihm weiterhin auch freie Weinsäure, Citronensäure, Chinasäure etc. keinen ungeeigneten Entwicklungsboden abgeben [1]). Es braucht solches aber naturgemäss nicht gerade für sämtliche freien organischen Säuren zu gelten — und auch die bisherigen Beobachtungen weisen auf das Gegenteil hin — denn neben dem sauren Charakter kommt auch noch die besondere den einzelnen Säuren aus anderen Gründen eigentümliche Wirkung in Anschlag. Wenn man aber mit Vorliebe betont, dass Mycelpilze und speciell Hyphomyceten („Schimmelpilze"), gegenüber den alkalische Reaktion bevorzugenden Bakterien, im allgemeinen durch eine saure Reaktion der Substrate begünstigt werden, so darf das doch nur als ein nicht ganz zutreffender Ausdruck des bisher Beobachteten gelten, denn wir kennen zur Zeit ebensowohl freie Säure bevorzugende Spaltpilze wie solche streng meidende Mycelpilze, im übrigen aber natürlich der Begriff „saure Reaktion" ein recht weiter ist. Generelle Eigentümlichkeiten in dieser Beziehung lassen sich nicht gut auf grund vorzeitiger Verallgemeinerung specieller Fälle aussprechen, besser wird ihre Betonung daher, als zu Irrtümern Veranlassung gebend, vermieden. Die Zahl der gegen freie Säuren in mässiger Konzentration indifferenten oder solche bevorzugenden Organismen — und zwar Mycel- wie Spaltpilze — ist nach dem Bisherigen nicht gross; besondere Untersuchungen nach dieser Seite mangeln bis zur Zeit allerdings. Wenn man demgegenüber gelegentlich auf solchen zur Entwicklung kommende grüne Pilzdecken als dem *Penicillium*

---

1) C. Wehmer, „Entstehung u. physiol. Bedeutung d. Oxalsäure". Botan. Zeitg. 1891.

glaucum zugehörig angegeben findet, so liegt da wohl in nicht wenigen Fällen ein auf grund der unterbliebenen mikroskopischen Analyse naheliegender Irrtum vor, jedenfalls ist die angebliche Thatsache wohl in keinem Falle genauer und einwandsfrei erwiesen, denn gerade diese Art ist im allgemeinen nicht so ausgesprochen säureliebend.

III. Vegetationen auf anderweitigen sauren Substraten.

Es sind weiterhin von mir noch einige gelegentliche oder in näherem Verfolg dieses Punktes angestellte Beobachtungen gesammelt, welche hier kurz berührt werden mögen.

Schimmelflockenbildungen findet man nicht selten auch in Citronensaftlösungen, wie solche im Handel für Genusszwecke käuflich sind. Es kommt da — naturgemäss infolge ungenügender Sterilisation oder zeitweiliger Öffnung des Korkverschlusses — meist bloss zu umfangreichen, den eingangs beschriebenen ganz ähnlichen, submersen und sterilen Schleimflockenbildungen, sondern nach längerer Zeit auch zu dichten grünen Decken auf der Oberfläche derartiger Lösungen, wie sie z. B. auch auf einem solchen mir von Herrn Professor Ost freundlichst zur Verfügung gestellten Präparat vorlagen. Natürlicher Citronensaft ist unstreitig ein vorzüglicher Entwicklungsboden, sofern der bezügliche Organismus gegen den Einfluss der freien Säure unempfindlich ist. Derartige Pilzbildungen gehören wiederum meist dem bereits genannten *Citromyces* (also nicht dem ähnlich aussehenden *Penicillium*) an, und sie führen binnen relativ kurzer Zeit zur völligen Zerstörung der Citronensäure und somit zur Entwertung derartiger Präparate. Wir haben also auch hier wieder die Erscheinung der Entwicklung eines ganz bestimmten Organismus auf einem ihm der besonderen Zusammensetzung halber vorzugsweise zusagenden Substrat. Hinzugefügt sei, dass für den genannten Pilz dagegen gewisse

andere, für fremde Arten sehr geeignete Nährflüssigkeiten, wie z. B. neutrale Bierwürze, Maltose, Rosinen- und Pflaumendekokte, ziemlich geringwertige Kulturmedien abgeben, die Deckenentwicklung hier jedenfalls nur relativ dürftig ist.

Säuerliche Früchte haben gleichfalls ihre besondere Vegetation, die im einzelnen aber merklich von der Acidität beeinflusst wird, sodass also auch mit der allmählichen Säureabnahme (Alterseinfluss) die Formen andere werden. Ein besonderes Interesse in dieser Beziehung bieten diejenigen von ausgesprochen saurem Charakter, wie ein solcher z. B. der Citrone eigen. Hier findet man nach einigen Tagen auf den zerschnittenen Stücken mit besonderer Vorliebe wieder *Citromyces* und neben ihm oder auch etwas später das *Penicillium luteum* Zuk. Auf Weintrauben tritt als die Fäulnis der noch lebenden selbst unreifen Beeren bewirkend die bekannte *Botrytis cinerea* (Pilz der Edelfäule) oft massenhaft auf, wiederum ein Pilz, der Säuren gegenüber relativ widerstandsfähig ist und selbst durch die Eigentümlichkeit der Erzeugung einer solchen (Oxalsäure) ausgezeichnet ist. Gelegentlich findet man ihn auch auf Citronenscheiben; die Erscheinung des bevorzugten Auftretens auf Weinbeeren deutet aber bereits an, dass für die Wahl der Substrate naturgemäss auch noch sonstige Momente in betracht kommen. Unsere anderen Fruchtarten sind, insoweit es sich wenigstens um Stein- oder Kernobst handelt, jedenfalls in reifem Zustande meist von kaum wahrnehmbarer Acidität und bieten demzufolge auch in der Regel nur Pilzformen hier untergeordneten Interesses (Penicillien, Mucorineen, Saccharomyceten) ein zusagendes Substrat.

Von anderweitigen Beobachtungen sei noch erwähnt, dass der Zusatz freier Citronensäure zu zuckerreichen Nährlösungen insbesondere wieder das Erscheinen des *Citromyces* und *Penicillium luteum* zur Folge hat, und ebendieselben auch bei Ansäuerung durch Weinsäure sich reichlich einzustellen pflegen, sofern man die Flüssigkeiten in grösseren offenen Glasschalen der Luftinfektion zugänglich macht. Hier kommt dann überdies noch *Aspergillus niger* van Tiegh. hinzu. Naturgemäss ist auf den Fortgang der Vegetation, wie auch den Erfolg überhaupt, die jeweilige Konzentration der Säure von Einfluss, und in dieser Beziehung verfüge ich noch über einige genauere

Daten. Bei 5—6 % Weinsäure (neben 10—20 % Stärkezucker und 1 % der erforderlichen Nährsalze) beobachtet man bei Zimmertemperatur die langsame Entwicklung kleiner kreisförmiger Rasen der soeben genannten drei Arten an den verschiedenen Stellen der Oberfläche. Von diesen sind die des *Penicillium* durch ihre meist citronengelbe Farbe (Träger des Farbstoffes sind zahlreiche den farblosen Hyphen aufsitzende und als deren Ausscheidungsprodukte sich darstellende Körnchen)[1]) ausgezeichnet, jene des *Aspergillus* zunächst weiss, während die der dritten Art unter Ergrünen am schnellsten die auch hier anfangs vorhandene weisse Farbe verlieren. Langsamer färben sich die der zwei anderen durch die verzögerte (Säureeinfluss) Conidienbildung ins Olivfarbene und Schwarzbraune, sodass unter Umständen erst nach Wochen die den einzelnen Conidienrasen charakteristische Farbe vorhanden ist. Durch Abimpfen der lange Zeit frei auf der Flüssigkeit umherschwimmenden einzelnen Kolonien gelangt man so übrigens in leichter Weise zu Reinkulturen. Steigert man den Weinsäuregehalt auf ca. das Doppelte (10—12 %), so ändert sich dementsprechend auch das Bild der Vegetation. Nunmehr findet man bei weit trägerem Wachstum zunächst nur zarte weisse Räschen, und deren allmähliche, bisweilen sehr späte Farbenänderung ins Zart-grüne zeigt an, dass unter diesen Umständen nur noch eine jener drei Species zur Entwicklung kommt; es ist das wieder der *Citromyces*, welcher somit auch nach den auf diese Weise gewonnenen Erfahrungen gegen relativ hohe Konzentrationen freier Weinsäure am wenigsten empfindlich ist.

Anderweitige Organismen kamen unter den hier geschilderten Verhältnissen in den bezüglichen Versuchsreihen bisher nicht zur Beobachtung; es sind somit derartige säurereiche Substrate für die Mehrzahl der Pilzformen (inkl. Bakterien) offenbar ungeeignet und nur für die erwähnten Arten auf Grund ihrer besonderen Eigentümlichkeit ein noch zusagender Entwicklungsboden. Inwieweit daran die besondere Temperatur

---

1) Über die chemische Natur derselben ist Näheres noch nicht bekannt.

und Lokalität mit beteiligt sein kann, ist noch weiterhin zu zeigen.

Beiläufig sei als gleichfalls zum Thema gehörend erwähnt, dass die in Zuckerlösungen mit Salzsäure- und Maleïnsäure-Zusatz (0,5 %) allmählich auftretenden a. a. O.[1]) berücksichtigten Pilzvegetationen gleichfalls vorwiegend dem *Citromyces* angehörten.

---

1) Dieses Heft p. 97.

5.

Zur Frage nach der Bedeutung von Eisenverbindungen für Pilze.

Bezüglich der Meinung über die Bedeutung des Eisens für pflanzliche Organismen im allgemeinen befinden wir uns zur Zeit auf einem etwas eigenartigen Standpunkte, und es giebt bald ebenso viele verschiedene Ansichten als überhaupt vorhandene Möglichkeiten, ohne dass einstweilen ausreichendes Material für einen bestimmten Entscheid vorliegt. Speciell für grüne Gewächse soll dies Metall zu den unentbehrlichen Nährstoffen zählen, weil es nach allgemeiner Ansicht einen Bestandteil des für den Assimilationsvorgang wichtigen Chlorophylls bildet. Diese letztere Thatsache wurde dann von neueren Untersuchern, welche das Chlorophyll als Eisenverbindung nicht gelten lassen wollten, bezweifelt, und damit würde, wenn wir uns nicht darauf beschränken, es für die Chlorophyllbildung für erforderlich zu halten, jene Notwendigkeit hinfällig. Die Sache bedarf also wohl weiterer Erörterung.

Für chlorophyllfreie pilzliche Organismen andererseits wurden Eisenverbindungen eigentlich von jeher als entbehrlich angesehen — zum guten Teil wohl als Folge und in Zusammenhang mit obiger Ansicht. Aber auch diese Annahme wurde neuerdings in Zweifel gezogen und dafür einmal wieder das Gegenteil — also die Unentbehrlichkeit des Eisens — für wahrscheinlich gehalten. Wir können uns somit, wenn wir den verschiedenen in Frage kommenden Autoren gleichmässig vertrauen, die uns am meisten zusagende Ansicht auswählen.

Zweckmässiger vielleicht erscheint die Beleuchtung der Frage in etwas allgemeinerer Fassung. Kulturversuche phanerogamer Keimpflanzen in Nährlösungen mit Zusatz der üblichen Mineralsalze (jedoch ohne besonderen Eisenzusatz) ergaben teilweises Nichtergrünen und dürftige Entwicklung. Beides beobachten wir ähnlich aber gleichfalls auch bei Lichtabschluss (ohne Eisenmangel), und speciell Fehlen der Chlorophyllbildung gegebenenfalls selbst bei Licht- und Eisengegenwart (weisse und gescheckte Blätter). Jene ist somit nicht

gerade notwendige oder stete Folge der letzteren. Andererseits wurden nun Pilzformen unter Zusatz reinster organischer Substrate in den gleichen (von Eisenbeigabe freien) Nährlösungen mit Erfolg gezogen und hieraus wohl mit einigem Recht auf Entbehrlichkeit jenes Elements geschlossen. Die Schwäche einer Argumentation, welche in diesem besonderen Falle nun mit vorher nicht ins Gewicht fallenden Verunreinigungen durch dasselbe rechnen will, scheint hiernach immerhin erheblich. Damit soll also nur gesagt werden, dass, wenn zum sicheren Nachweis des Eiseneinflusses — trotz des namhaften Gehalts der Cotyledonen etc. an diesem Element — die üblichen mineralischen Phanerogamen - Nährlösungen ausreichen, solche eigentlich auch genügen müssten, um bezügliche Schlüsse für Kryptogamen zu ziehen, ohne dass also hier gerade ein Vorgehen mit den subtilsten Handgriffen unbedingt erforderlich wäre.

Man kann das auch anders formulieren: Aus der mangelnden Nährfähigkeit der ohne besonderen Eisensalz-Zusatz bereiteten Nährflüssigkeiten (bei Phanerogamen) folgerte man auf dessen Notwendigkeit, somit darf man wohl nicht ganz mit Unrecht aus dem Gegenteil in den entsprechenden Fällen auf dessen Entbehrlichkeit schliessen, und es ist hiernach speciell für Pilzkulturen nicht einmal genügend motiviert[1]), die Bedingung des Gedeihens in unbeabsichtigten minimalen Spuren desselben zu suchen, denn damit nehmen wir bereits die Annahme vorweg, dass derartiges überhaupt von Einfluss ist. Wir müssten dann schliesslich auch noch manchem anderen Element — denn auch Natrium, Silicium, Stickstoff, um damit etwas nach heutiger Auffassung recht Absurdes heranzuziehen, zählen zu den schwer auszuschliessenden und wohl praktisch kaum je ausgeschlossenen — und seinem etwaigen Einfluss nachspüren.

Eine in diesen Punkten übertrieben penible Versuchsanordnung ist nicht gerade immer auf dem rechten Wege; sie sucht nicht selten durch im einzelnen kaum stets kontrollier-

---

1) Dass sich theoretisch schliesslich gar manches begründen lässt, verkenne ich dabei nicht; hier handelt es sich aber um Zusammenfassung ähnlicher Erscheinungen unter einen allgemeineren Gesichtspunkt.

bare Operationen vielleicht nur eingebildete Fehler zu vermeiden und tauscht dafür thatsächliche, oft recht grober Art, ein. Selbstverständlich soll damit aber nicht im entferntesten etwa gegen die Notwendigkeit exakten Arbeitens polemisiert werden, und der Punkt wurde hier nur berührt, weil er durch neuere Publikationen, deren nähere Kritik nicht am Platze ist, nahegelegt war. Die Frage nach dem Eiseneinfluss erscheint nach dem zur Zeit vorliegenden experimentellen Material aber so wenig abgeschlossen, dass weitere Beiträge stets erwünscht sind, und in diesem Sinne habe ich auch den Gegenstand aufgenommen. Dabei sei vorweg bemerkt, dass in Übereinstimmung mit der herrschenden Ansicht und auf Grund bisheriger Erfahrungen ein Zweifel bei mir über die Entbehrlichkeit von Eisenverbindungen für Pilze nicht bestand, hiermit aber noch keineswegs die Frage erledigt ist, in welcher Weise künstliche Zuführung wägbarer Mengen zur Wirkung kommt.

A priori ist die Annahme der unbedingten Notwendigkeit dieses Elements vielleicht ebenso unmotiviert, wie eine solche bezüglich des Traubenzuckers oder etwa der Salpetersäure für alle Organismen [1]), denn zunächst generalisiert sie wieder — und zwar auf Grund ganz vereinzelter Erfahrungen — wo vielmehr zu specialisieren ist. Wir wissen, dass allgemein die sogenannten Nährstoffe weder für einen noch für verschiedene Fälle einander gleichwertig sind, also z. B. bald das Ammoniak, bald die Salpetersäure aus irgend einem Grunde eine geeignete Nahrung ist; dass es sich in diesem Beispiel beidemal um Verbindungen gerade des Stickstoffs handelt, ist ja wohl gleichgiltig, denn einmal stellen dieselben in Wirklichkeit Körper von ganz verschiedenen Eigenschaften dar, ein andermal wissen wir überhaupt noch nicht, ob nicht auch die verschiedenen Verbindungen des Eisens sich ganz analog verhalten können.

Der Fall könnte also sehr wohl so liegen, dass gewisse Eisensalze von Vorteil, andere indifferent oder auch nachteilig wären, und dieses je nach der specifischen Natur der Organismen, selbst auch nach der besonderen Nährlösungszusammensetzung, variierte; dadurch, dass für gewisse Fälle ein Vor-

1) Natürlich ist das Eisen aus gutem Grunde mit dem Kohlenstoff, Stickstoff u. a. nicht gleich zustellen.

teil herauskommt, ist aber noch keineswegs die Unentbehrlichkeit ausgesprochen, und gerade diesen Punkt möchte ich hier aufgreifen.

In der neueren Litteratur finden wir zwei auf bestimmte Versuchszahlen sich stützende Angaben über die begünstigende Wirkung von Eisensalzen auf das Pilzwachstum und zwar beziehen sich beide — was eigentlich schon nicht ganz unverdächtig ist — auf ein und denselben Pilz, nämlich *Aspergillus niger*. Zunächst konstatierte Raulin[1]) für Zuckerlösungen höhere Erntegewichte und folgerte daraus die Notwendigkeit des Eisens. Molisch[2]), welcher diese Thatsache — nachdem auch von mir[3]) zuvor ähnliche Angaben bereits mitgeteilt waren — aufgriff, dehnte die Versuche auf einige weitere Substrate aus, und verallgemeinerte dann die für diesen bestimmten Pilz gewonnenen Resultate, deren zwingende Beweiskraft im allgemeinen nicht gerade auf der Hand liegt, dahin, dass er das Eisen als voraussichtlich für alle Pilze notwendiges Element erklärte. Das steht also mit den bisherigen Angaben von Cugini[4]), Adolf Mayer[5]), Schulz[6]) und vielleicht auch Nägeli[7]), sowie der augenblicklichen Ansicht[8]) in Widerspruch.

Man kann aber dem Ausspruch von Molisch schon mit Rücksicht auf die unzureichende Begründung einen anderen als subjektiven Wert nicht wohl beilegen, und halten wir uns dann weiter an das von demselben wirklich Festgestellte, so lässt auch dessen kritische Verarbeitung, sowie das zunächst daraus Gefolgerte noch hinreichend Einwände zu, dergestalt, dass nicht einmal die unmittelbaren Schlüsse desselben ohne weiteres annehmbar scheinen, sondern die Resultate in einem abweichenden Sinne verwertet werden müssen. Festgestellt bleibt schliesslich nur — und Ähnliches war bereits bekannt —

---

1) „Etudes chimiques sur la végétation“ in Ann. des scienc. natur. 1869. Sér. V. t. XI. p. 93 u. f.

2) „Die Pflanze in ihren Bezieh. zum Eisen“. Jena 1892. p. 97 f.

3) „Entstehung u. physiol. Bedeutung der Oxalsäure“ in Bot. Zeitg. 1891.

4) Referat in Just's Botan. Jahresber. 1876. p. 114.

5) „Gärungschemie“. 1879. p. 114.

6) Referat in Just's Botan. Jahresber. 1877. p. 84.

7) Sitzungsber. d. K. Akademie d. Wissensch. Math.-phys. Klasse. München 1880. Nachtrag z. 5. Juli 1879 (Botan. Mitteil. Bd. III. 1881).

8) Vergl. Pfeffer, Pflanzenphysiologie. Bd. I. p. 257, und Frank, Lehrbuch d. Botan. 1892. p. 593.

dass *Aspergillus niger* auf Nährlösungen mit den benutzten Präparaten unter Zusatz von geringen Eisenvitriolmengen bei relativ kurzer Versuchsdauer und niederer Temperatur (20—25° C) grössere Erntegewichte erzeugte (also schneller wuchs) als in den so gut wie eisenfreien Lösungen; weitere sichergestellte Schlüsse lassen sich einstweilen nicht ziehen. Es kann somit nicht einmal der einwurfsfreie Schluss auf eine auch unter anderen Verhältnissen und so auch bei anderen Temperaturen (also allgemein) vorhandene begünstigende Wirkung des Eisenvitriols — geschweige denn anderer Eisensalze — gezogen werden, und unser Verfasser — dem die in mancher Beziehung bestehende Sonderstellung des Stoffwechsels gerade des von ihm benutzten Pilzes offenbar entgangen — befindet sich mit seinen wesentlichen Folgerungen und scheinbar sehr eingehenden Ermittlungen auf einem nicht unbedenklichen Wege.

Nehmen wir nun den Nachweis bezüglich des Eisenvitriols für jenen Fall als feststehend an, so wäre derselbe zunächst doch wohl nur in folgender Weise zu verwerten: Unter den eingehaltenen Versuchsbedingungen zeigt *Aspergillus niger* (bei Zusatz von geringen Mengen von Eisenvitriol) schnelleres Wachstum; da frägt sich zunächst, inwieweit hierauf die Temperatur von Einfluss (speciell das Optimum!) [1]), ob andere Metallsalze oder überhaupt auch Stoffe anderer Natur nicht in der gleichen Weise wirken, und ob jener Einfluss gerade dem in dem Vitriol vorhandenen Eisen zukommt, also nicht vielmehr mit dem Charakter seines Sulfats zusammenhängt; ob längere Versuchsdauer den Unterschied wieder ausgleicht, also vor allem nicht bloss eine langsamere Entwicklung der übrigen gleichfalls gewachsenen Kulturen ohne Eisenzusatz vorliegt, und anderes [2]). Es sind

1) Trotzdem die bezüglichen Kulturen in einem Brütofen (bei 20—25° C) angestellt wurden, hat Verf. doch die Prüfung bei der Temperatur für das Wachstumsoptimum unterlassen. l. c. p. 109.

2) Sofern also für gewisse Fälle eine Beschleunigung der Entwicklung durch Eisenverbindungen erzielt wird, berechtigt das noch keineswegs, von einer Notwendigkeit derselben zu reden — ebensowenig wie wir eine Unentbehrlichkeit des Zuckers statuieren, weil gewisse andere Substrate (Glycerin, Alkohol, organische Säuren) minder gute Nährstoffe sind. Die Unterschiede bezüglich des Effekts sind auch hier nur quantitativer Art.

hiernach also die relativ wenigen vom Verfasser mitgeteilten experimentellen Daten, welche diese sämtlichen Punkte experimentell wie kritisch unberührt lassen, nichts weniger als eindeutig, und die Arbeit ist somit für das, was sie eigentlich beweisen wollte, zum mindesten nicht ausreichend.

Andererseits ist natürlich auch die Raulin'sche Beobachtung nicht gegen die Angaben von Cugini, Ad. Mayer u. a. auszuspielen, da sie nur eine begünstigende Wirkung von Eisenverbindungen auf das Wachstum eines einzigen Pilzes darthut, hierdurch aber selbstverständlich keine Unentbehrlichkeit für diesen, geschweige denn für andere, ausgesprochen wird.

Damit wende ich mich zu einer Erörterung der eigenen Resultate, welche bei anderer Gelegenheit [1]) bereits kurz von mir dahin zusammengefasst wurden, dass unter bestimmten Bedingungen das Wachstum von *Aspergillus* bei Gegenwart einer Spur gewisser Eisenverbindungen (Laktat, Citrat, Chlorid, Oxyd) ein etwas besseres ist, sodass ein erhebliches Trockengewicht schon nach relativ kurzer Zeit erreicht wurde. Das deckte sich dann bereits mit der mehr zufälligen Raulinschen Beobachtung, aber freilich nur insofern, als ich jene Wirkung bloss unter ganz bestimmten Bedingungen thätig sein lasse und des weiteren den Einfluss als indirekter Art betrachte (Begünstigung des Umsatzes), also mit der Ernährung des Pilzes nicht näher in Zusammenhang bringe. Dabei wurde die nicht immer vorhandene Übereinstimmung der Resultate trotz in allen Punkten identischer Versuchsbedingungen von mir nicht übersehen und mit Rücksicht auf die unter solchen Verhältnissen notwendige Vorsicht in der Deutung, eine Formulierung bestimmter „Glaubenssätze" abgelehnt. Die spätere, auf einer keineswegs grösseren Zahl ähnlich angeordneter Versuche basierende Publikation Molisch's glaubte hiervon jedoch absehen zu dürfen und gelangte damit zu einer Reihe wohl schwer haltbarer Folgerungen [2]).

Bezüglich der gewählten Versuchsanordnung [3]) sei bemerkt, dass sämtliche Nährlösungen (je 50 ccm) von den gleichen Präparaten hergestellt wurden und diese nachgewiesenermassen

1) l. c. p. 50 d. Sonderdrucks.
2) l. c. p. 116.
3) Cf. l. c. (Bot. Zeitg. 1891), wo darüber eingehend berichtet ist.

von sogen. „chemisch-reinen“ nicht unterscheidbar, also auch Eisenreaktionen nicht gaben [1]). Die Behandlungsweise der Versuche war eine solche, wie sie im allgemeinen bei exaktem Arbeiten, ohne weiter hervorgehoben zu werden, angenommen werden darf; es fand also naturgemäss auch sorgfältige Reinigung der mit Watteverschluss versehenen Gefässe (Glaskolben), Verwendung geprüften destillierten Wassers etc. statt; speciell war der benutzte Traubenzucker ein reines Präparat (Aschengehalt 0,04 %), dessen grauweisser Kalkrückstand in den für die Einzelversuche benutzten Mengen von je 1,5 g (3 %) nur ca. 0,6 mg betrug. Die Kontrollversuche wichen von den anderen nur in der einen Beziehung ab, dass diesen 3—20 mg (meist 5 mg) milchsauren, citronensauren, salzsauren Eisens bez. von Eisenoxyd zugesetzt wurden. Durch diese Versuchsanordnung konnte also unmittelbar der Einfluss solchen Zusatzes festgestellt werden, sein Mass wurde dann durch die Schnelligkeit des Wachstums wie die endgiltig ermittelten Erntegewichte (Wägung der ausgewachsenen und bei 110° bis zur Gewichtskonstanz getrockneten Decken) gemessen. Vorweg sei bemerkt, dass ein von der jeweiligen Menge desselben abhängiger Unterschied nicht konstatiert werden konnte. An anorganischen Nährsalzen (1,75 %) wurde neben Ammonnitrat oder Kaliumnitrat als Stickstoffquelle (1 Teil), prim. Kaliumphosphat (0,5 Teile) und kryst. Magnesiumsulfat (0,25 Teile) gegeben; die Kulturen im übrigen bei Zimmertemperatur sowie beim Optimum (35° C) unter Lichtzutritt oder -abschluss gehalten.

Es ergab sich nun zunächst für die bei Zimmertemperatur in Nährlösungen mit salpetersaurem Ammon angestellten Versuche, dass hier thatsächlich die Anwesenheit von etwas Eisensalz im Durchschnitt vorteilhaft wirkt, indem unter schnellerem Verlauf des Wachstums schon nach kürzerer Versuchsdauer grössere Zahlen für die Ernten erhalten wurden [2]).

1) Die Angaben Molisch's, denenzufolge derselbe durch seine Versuchsanordnung mehrfach Eisen fand, wo thatsächlich keins vorhanden (also auch in Reagentien und eisenfrei gezogenen Pilzdecken) dürfen mit Rücksicht auf den bereits erfolgten Widerruf hier wohl übergangen werden.

2) Da in den Kulturflüssigkeiten nach Abschluss der Versuche Eisenreaktionen nicht erhalten werden, wird das Metall vermutlich alsbald in irgend einer Form unlöslich niedergeschlagen. Für eine etwaige Teilnahme an Stoffwechselprozessen würde jedenfalls das Gegenteil Bedingung sein, und hier wäre wohl gerade der Punkt, wo eine nähere

Während nämlich der *Aspergillus* unter solchen Verhältnissen nach 2—4 Wochen [1]) im allgemeinen Ernten von 100—200 mg (aus 1,5 g Zucker) erzeugt, stellten sich diese in den Experimenten mit Eisenzusatz durchweg auf 3—400 mg, woraus sich ein besseres Wachstum schon ohne weiteres ergiebt. Das wird durch folgende Zahlen des näheren erwiesen.

Die Kontrollversuche ergaben:

120 mg Pilzgewicht nach 16 Tagen
185 „ „ „ 23 „
225 „ „ „ 30 „

und bei längerer Versuchsdauer (bis zu 100 Tagen) im Maximum bis zu 350 mg, durchschnittlich aber merklich weniger (2—300 mg).

Dagegen lieferten die uns hier interessierenden (mit Eisensalz angesetzten) bei raschem Wechstum:

360 mg Pilzgewicht	302 mg Pilzgewicht
365 „ „	382 „ „
307 „ „	370 „ „

sämtlich nach 18 Tagen,

und diese Zahlen wurden auch bei verlängerter Kulturdauer nicht überschritten, sodass hier also bereits nach 2 bis 3 Wochen die Hauptentwicklung beendet war.

Diese im wesentlichen nur den Raulin'schen Befund erhärtenden Zahlen thun also dar, dass unter den zuletzt gewählten Verhältnissen insbesondere die Entwicklung eine erheblich schnellere ist. Es bleibt dabei aber noch ganz fraglich, ob dieses Resultat nun eine specifische Wirkung gerade — und etwa ausschliesslich — von Eisensalzen ist, denn ebenso gut könnte ja die hier konstatierte Begünstigung

Erörterung einzusetzen hätte. Auch nach Weiss und Wiesner soll das Metall sich in unlöslichen Verbindungen in Wand und Plasma vorfinden (Bot. Zeitg. 1860. p. 357). Die Beziehungen zwischen reaktionsfähigem und verdecktem Eisen bedürften wohl einer gründlicheren Darlegung, als ihnen von Molisch, der die Eisensalze organischer Säuren zu den organischen Eisenverbindungen rechnet (p. 51), zu Teil wird. Übrigens sei auch auf die Ausführungen C. Müller's verwiesen.

1) Der Zeitpunkt des Abbruchs einer Kultur hängt, wie wohl kaum bemerkt zu werden braucht, natürlich von deren Wachstumsgeschwindigkeit und allgemeinem Entwicklungsstandpunkte ab. Auf weniger geeigneten Nährlösungen bei Zimmertemperatur gezogene *Aspergillus*-Decken bedürfen im allgemeinen nicht einiger Tage, sondern mehrerer Wochen bis zur vollen Ausbildung.

des Zuckerumsatzes noch durch irgend welche anderweitige Stoffe oder Momente erzielt werden.

Ich habe nun bereits a. a. O.[1]) eingehend dargelegt, dass das Wachstum der *Aspergillus niger*-Kulturen selbst bei ganz gleicher Kohlenstoffnahrung sehr wesentlich durch die Zusammensetzung der Mineralsalznährlösung beeinflusst wird, und u. a. insbesondere auch salpetersaures Ammon eine weniger zusagende Stickstoffnahrung ist. Aber dies Moment — und das ist bedeutungsvoll — kann vollständig durch gewisse Umstände anderer Art ausgeglichen werden, sodass also unter dem Einfluss bestimmter an sich geringfügiger Eingriffe selbst bei gleicher Stickstoffnahrung recht verschiedene Resultate — und somit auch ein sehr gutes Wachstum — erzielt werden können. In dieser begünstigenden Richtung wirkt nachgewiesenermassen vor allem die Temperatur, weiterhin aber auch der Zusatz einiger anderweitiger Substanzen, und es liegt hiernach schon ein Grund nicht vor, obiges obschon auch durch Eisenverbindungen erzieltes Resultat gerade mit dem Eisen in engere Kausalverbindung zu setzen. Von den bezüglichen Versuchen seien hier nur die auf den Wärmeeinfluss sich beziehenden namhaft gemacht.

Den oben genannten parallele Versuche ohne Eisenzusatz, im übrigen in allen Einzelheiten mit ihnen übereinstimmend, wurden also im Wärmschrank konstant bei 35° C gehalten; nunmehr zeigte sich gegenüber denen bei Zimmertemperatur (mit Ammonnitrat als Stickstoffquelle) ein ausserordentlich reges Wachstum, sodass schon nach wenigen Tagen die Kulturgefässe mit dichten schwarzbraunen Pilzdecken besetzt waren. Die Zuckerzersetzung war bereits nach 1—2 Wochen vollendet, und weiterhin verlängerte Versuchsdauer führte dementsprechend auch zu bald — bei gewöhnlicher Temperatur erst nach Wochen und Monaten — wieder abnehmenden Erntegewichten. An Trockengewicht ergab sich also hier:

272	mg	nach	4	Tagen	382	mg nach	18 Tagen
363	„	„	8	„	380	„ „	32 „
400	„	„	8	„	288	„ „	42 „
390	„	„	15	„	233	„ „	68 „

1) l. c. Die Resultate wurden hier in erster Linie in etwas anderer Richtung (Oxalsäureentstehung) verwertet, doch ergab sich alles andere auch ohnedies aus den mitgeteilten Tabellen.

Es beweist das also schlagend, dass die langsamere und weniger ergiebige Entwicklung in den obigen Kontrollversuchen gerade mit dem hier mangelnden Eisenzusatz näheres nicht zu thun hat.

Damit bin ich bereits des Eingehens auf gleichsinnige Resultate, die mit Zusätzen von Salmiak, Kochsalz, Kobaltsulfat etc. erhalten wurden, enthoben, denn alle diese wirkten unter den oben genannten Bedingungen in ähnlicher Weise wie ein solcher von Eisensalz. —

Gehen wir einen Schritt weiter. Wir haben festgestellt, dass bei einer gewissen, rein zufällig empirisch ermittelten Nährlösungszusammensetzung auch Eisenverbindungen begünstigend auf die Entwicklung wirken können. Es frägt sich also, ob dieser Einfluss gleichfalls unter etwas anderen Verhältnissen zur Geltung kommt. Wir wählen dazu — indem alle anderen Umstände die gleichen bleiben [1]) — beispielsweise den Ersatz des salpetersauren Ammons durch das entsprechende Kaliumsalz und folgen dem Resultat.

Hier ergab sich, dass Unterschiede im Wachstum zunächst nicht wahrnehmbar waren, und dass endlich auch die Ernten solche Differenzen, die in dem einen oder anderen Sinne zu deuten wären, nicht erkennen lassen. Es wurden erhalten:

Ohne Eisenzusatz:	Mit Eisenzusatz:
195 mg nach 11 Tagen	165 mg nach 18 Tagen
380 „ „ 24 „	325 „ „ 18 „
348 „ „ 30 „	300 „ „ 120 „
305 „ „ 90 „	

Abgesehen davon, dass bereits durch den Ersatz des Ammonnitrats durch Kaliumnitrat die weniger günstige Wirkung des ersteren bereits bei Zimmertemperatur so gut wie repariert wird, äussert sich also eine Wirkung der Eisenzugabe in keiner — und jedenfalls nicht in einer offenbar vorteilhaften — Weise.

Ersetzen wir nun endlich das salpetersaure Ammon in dieser Konzentration (1 %) durch noch andere Stickstoffsalze (Salmiak, schwefelsaures Ammon), so erzielen wir damit eine mindestens ebenso günstige Wirkung wie oben durch die

1) Somit stets 50 ccm Nährlösung mit 3% Dextrose und 1,75% des genannten Nährsalzgemisches, in dem hier an Stelle des Ammonnitrats Kaliumnitrat gewählt wurde.

Eisengegenwart, und erweisen dadurch noch einmal, dass diese mit etwaigen nur dem genannten Metall zukommenden specifischen Eigenschaften in keinem Zusammenhang stand.

Es handelte sich somit nach allem bei der besonderen Wirkung jenes für einen bestimmten Fall, wie der gleichsinnigen anderweitigen Eingriffe überhaupt, nur um eine Modifikation der Nährlösung in einer für den Stoffwechsel vorteilhaften Richtung, und diese kann hiernach in recht verschiedener Weise erzielt werden.

Von einer besonderen Wirkung der Eisensalze auf den Stoffwechsel bleibt also nur das als hier thatsächlich festgestellt übrig, dass solche unter bestimmten Umständen auf die Entwicklung eines ganz bestimmten Pilzes von einem gewissen Einfluss sein können, indem ihre Anwesenheit unter Umständen den Stoffumsatz zu begünstigen scheint. Derselbe Effekt konnte jedoch durch Einflüsse ganz anderer Art erzielt werden, wie er andererseits auch ausbleibt bei gewissen Abänderungen, die bereits an sich wachstumsbegünstigend wirken. Weiterhin ist es nach allem aber noch eine ganz offene Frage, ob andere Pilze unter den gleichen Umständen ebenfalls durch Eisenverbindungen in ihrer Entwicklung beeinflusst werden, und wenn sich darüber a priori etwas angeben lässt, so fällt ihre Beantwortung für die Mehrzahl jedenfalls rein negativ aus, denn nachgewiesenermassen nimmt *Aspergillus niger* bezüglich seines Stoffwechsels insofern eine etwas isolierte Stellung ein, als der Verlauf desselben durch relativ geringfügige Änderungen in der Mineralsalzzusammensetzung des Substrats merklich influiert wird. Aus dieser Thatsache allein schon ergiebt sich die Unzulässigkeit der aprioristischen Generalisierung etwaiger für ihn erhaltener Resultate, welcher Art dieselben im übrigen auch sein mögen.

Insbesondere lassen sich diese nicht für eine unbedingte Notwendigkeit des Eisens für die genannte (geschweige denn für andere) Species verwerten. Ein unter gewissen Umständen vorteilhafter Stoff braucht das nicht für andere zu sein, und ebensowenig ist dadurch etwas für seine Unentbehrlichkeit bewiesen. Das ist ein ander Ding. Im übrigen fehlt uns noch — und dieser Punkt ist nicht von untergeordneter Bedeutung — jede halbwegs motivierte Vorstellung über den etwaigen Grund seiner Notwendigkeit; er könnte uns

freilich noch verborgen sein, aber das berechtigt denn doch wieder nicht, dieselbe aus zwar populären, aber im Grunde doch ziemlich dunklen Deduktionen heraus zu fordern. In letzter Linie liegt der eigentliche Anstoss für die gelegentliche Forderung der Notwendigkeit von Eisenverbindungen für den pilzlichen Organismus wohl nur in der ganz allgemeinen Verbreitung derselben innerhalb der organischen und unorganischen Welt, wo sie bekanntlich fast überall, wenigstens spurenweis, angetroffen werden. Neben dieser letzten Zuflucht der Anhänger jener Meinung wird dann auch wohl auf die Eisenbedeutung für höhere Pflanzen und Tiere hingewiesen. Ich sehe aber selbst bei unbedingter Anerkennung dieser Thatsache darin keinerlei Nötigung, vielmehr kann daran wohl ein Zweifel nicht sein, dass es nur zu Verwirrungen Anlass geben kann, wenn bezüglich physiologischer Fragen ganz verschiedenartige Dinge miteinander verglichen und verwechselt werden [1]).

Die Eisenfrage in ihrer Allgemeinheit erscheint aber noch so wenig spruchreif, dass man füglich weitere Untersuchungen abwarten darf.

---

1) Wenn der Physiologe das Eisen für die Blutbildung wichtig erklärt, die (Blutkörperchen als) Träger des in Hämatin und Globulin zerfallenden Hämoglobin aber für die Körperatmung durch Sauerstoffzufuhr wichtig sind und somit der eisenhaltige Blutfarbstoff schliesslich respiratorische Bedeutung hat — wenn man aus diesen Thatsachen die Bedeutung unseres Metalls sogar für Pilze wahrscheinlich machen will, dann verzichtet man besser auf eine Erörterung, denn es ist das so ähnlich, wie wenn man aus der besonderen Einrichtung der Verdauungsorgane beim Wiederkäuer auf die beim Regenwurm schliesst, oder etwa Organe des Kreislaufs, der Atmung etc. bei allen tierischen Organismen sucht. Molisch zieht die Meinung Linossier's heran, der in dem schwarzen *Aspergillus*-Farbstoff eine Eisenverbindung („Aspergillin") sieht und mit dem Hämatin in Vergleich stellt — also einen von den Conidien auf deren Aussenseite (!) abgeschiedenen und als Exkret dastehenden Stoff. Wenn diese, übrigens bisher unerwiesene, Angabe über den Charakter des Farbstoffs als „Eisenverbindung" auch in das Schema der Molisch-schen Arbeit passt, so ist das doch wohl nichts anderes als der Versuch des Stützens einer unsicheren Thatsache durch eine noch schwächere.

6.

Über das Vorkommen des Champignons auf den deutschen Nordseeinseln.

nebst einigen Bemerkungen über die Pilzflora derselben.

Die Armut der verhältnismässig kleinen Nordseeinseln an bodenbewohnenden Pilzformen ist im Hinblick auf die besonderen Umstände eine nicht gerade auffallende Erscheinung. Allgemeine Vegetations- und Bodenverhältnisse sind dort der Entwicklung solcher nicht günstig; da Waldbildungen mit der ihnen eigentümlichen Humusdecke fehlen und der grössere Teil der Inseln — soweit er nicht aus nacktem Sand besteht — auf mehr oder weniger sandigem Boden vorzugsweise Graswuchs trägt, kämen etwa nur noch Formen in betracht, welche unter diesen Verhältnissen ihr Fortkommen finden; ausserdem vielleicht solche, welche auf Kulturland, in Gärten, kleineren Baumbeständen etc. aufzutreten pflegen. Wir finden aber an allen diesen Orten einen ausgesprochenen Mangel an den etwa in betracht kommenden Pilzarten, und man sieht im allgemeinen keine andere Species in einer nennenswerten Zahl von Exemplaren als den Champignon (*Agaricus campestris* L.). Unter solchen Umständen dürfen wir dem Vorkommen dieses verbreiteten Pilzes vielleicht schon ein gewisses Interesse abgewinnen; es kommt dann noch hinzu, dass wir ihn auf diesen Inseln — von denen ich mich insbesondere auf Festland und „Düne" von Helgoland, die Inseln Norderney und Juist beziehe — gelegentlich an einem Standorte finden, wo nach Sachlage eine Pilzvegetation überall kaum zu erwarten ist. Fügen wir noch hinzu, dass aus der gleichen Abteilung des Pflanzenreiches als seine Begleiter eigentlich nur strenge Parasiten in betracht kommen — denn die fast überall verbreiteten, insbesondere dem menschlichen Haushalt sich anschliessenden zahlreichen saprophyten Schimmelformen dürfen hier füglich übersehen werden — so ist damit im wesentlichen auch das Bild der pilzlichen Bewohner dieser Inseln gezeichnet.

Sein Vorkommen auf der eigentlichen, 75 km von der Elbmündung entfernten, ca. $^1/_4$ □km haltenden Insel (dem sogenannten, 9000 m im Umfang messenden, „Oberland") von

Helgoland hat zunächst weniger Befremdendes an sich; man findet ihn hier in üppig entwickelten Exemplaren mehrfach auf dem Wiesencharakter tragenden Plateau des noch unangebauten Teiles, welches im übrigen in seiner ganzen Ausdehnung als Weide für Kleinvieh (Schafe, Ziegen) dient, sodass die fast schneeweissen Hüte nur ausserhalb Bereich desselben über das Jugendstadium hinauskommen. Ich habe mehrfach von denselben gesammelt und späterhin u. a. durch Vergleich der Sporen — soweit diese hier überhaupt Aufschluss geben können — die Identität mit der habituell etwas abweichenden auf der „Düne" wachsenden Form festzustellen gesucht. Irgendwelche Beweise dafür, dass man — wie das ja oft nicht der Fall ist — unseren Pilz (welcher beispielsweise an der Nordseeküste gern gegessen und u. a. in Wilhelmshaven auch künstlich gezogen wird) hier überhaupt kennt, habe ich nicht gefunden. Im übrigen sind mir trotz vielfacher bezüglicher Ermittlungen irgendwelche anderweitige grosse Formen nicht zu Gesicht gekommen; es wurden nur weiterhin aufgefunden einige Parasiten auf wildwachsenden und Kulturgewächsen (*Cystopus candidus* Lev. vereinzelt auf Capsella; *Uromyces Polygoni* (Pers.) Wint. auf Polygonum aviculare L. reichlich; *Phytophthora infestans* de By. massenhaft die Kartoffelstauden befallend und vernichtend), solche auf etwaigen Zierpflanzen (Gärtnerei) und verschiedenen reichlich vertretenen Holzarten (Acer, Pirus, Sambucus, Ribes, Syringa, Ulmus etc.) scheinen jedoch zu fehlen. Das kleine, steinig-sandige „Unterland" kommt auf Grund der fast ganz mangelnden Vegetation überhaupt nicht in betracht.

Mehr Interesse bietet das Vorkommen unseres Pilzes auf der eine kleine halbe Stunde abseits im Meer gelegenen sogenannten „Düne" [1]) — bekanntlich einer Reihe mässig hoher, von einem seichten Strande umgebener Dünenbildungen. Wir haben hier ausschliesslich reinen weissen Flugsand, also ohne Beimengung humoser oder erdiger Teile vor uns, der von einer dürftigen Sandvegetation nur lose bedeckt ist (Ammophila arenaria Lk., Elymus arenarius L., Hypochoeris radicata L., insbesondere, neben vereinzelten Pflänzchen von Cakile mari-

1) Nach Angabe im Jahre 1720 durch eine Sturmflut von der Insel abgetrennt.

tima Lep., Salsola Kali L., Helianthus peploides Fr., also alles und ausschliesslich Charakterpflanzen dieser Formation). Feuchtigkeit fehlt bei Regenmangel dieser interessanten, ca. 300 m langen, 60 m breiten und bis zu 10 m hohen Flugsandmasse so gut wie ganz, und beim Überschreiten von Dünenberg und -thal sinkt der menschliche Fuss stets bis zu einer gewissen, im übrigen wechselnden Tiefe in dieselbe ein. Ich darf behaupten, dass ich an diesem für bodenbewohnende Pilze die denkbar ungünstigsten Verhältnisse abgebenden Orte mit einem gewissen Erstaunen das erste Exemplar des Champignons konstatierte. Bei weiterem Suchen fand sich deren jedoch noch eine ganze Zahl in der Umgebung verstreut vor, sodass ich ohne Mühe einige Dutzend ziemlich gut entwickelter Hüte sammeln konnte. Ihr Standort war eine grössere, etwas unebene, insbesondere von Gräsern bewachsene, ca. 4—6 m über dem höchsten Wasserstande liegende Fläche, welche seitwärts an wenig höhere Dünenbildungen sich anlehnte und durch keinerlei besondere Umstände (Ablagern etwaiger organischer Stoffe und anderes) vor dem umgebenden Terrain ausgezeichnet war. Die frei stehenden oder unter dem Schutze seitlicher Vorsprünge des Sandbodens stehenden Hüte waren auf eine weitere Strecke zu verfolgen, somit also nicht etwa auf den Raum weniger Quadratmeter beschränkt, und die Umstände wiesen auf ein natürliches, ganz normales Vorkommen an diesem sonderbaren Orte hin.

Ihr Aussehen bot im übrigen nichts Besonderes, es sei denn, dass die Grösse eine geringere war. Die Hutoberfläche war grauweiss, glatt, bei entwickelten Exemplaren flach, das Fleisch farblos; die Lamellen zeigten hier dunkel-braune, fast schwarze Farbe, bei jüngeren alle Abstufungen bis zum Graurot. Der von ihnen scharf abgesetzte massive Stiel mass bis 6 cm war an der Basis stark knollig verdickt, mit zartem, häutigem Ring, sonst aber von Farbe und Aussehen des bis 6 cm im Durchmesser haltenden Hutes. — Einen Vergleich mit den verschiedenen in der Litteratur beschriebenen Formen kann ich füglich unterlassen und ebenso auf die Betonung oder gar Bezeichnung einer besonderen Varietät verzichten. Bei der notorischen Variabilität aller hier in betracht kommenden Merkmale lohnt sich ein näheres Eingehen kaum. Bezüglich der Sporen sei noch bemerkt, dass ihre Messung eine Länge von 7 μ bei

4,2 μ Dicke ergab; Winter[1]) giebt zwar für beides 9 bez 5 μ an, doch habe ich nur die erstgenannten und nie diese Zahlen bei Exemplaren auch anderer Standorte gemessen. Die Gestalt schliesst sich gleichfalls der anderer an und bietet bei der Gleichförmigkeit der Basidiomyceten-Sporen wohl überhaupt nichts Charakteristisches (oval, mit schief inseriertem Sterigma, sodass beim Zurseitedrehen desselben die Konvexität der beiden Seiten von verschiedener Länge und Krümmung erscheint). Die glatte, derbe Membran erscheint je nach dem Alter farblos bis grau oder mehr oder weniger braun und umschliesst bei getrocknetem Material gewöhnlich eine stark lichtbrechende, ungefähr den halben Durchmesser haltende Masse (das durch Wasserverlust stark zusammengegangene Plasma).

Näheres Interesse hat, wie gesagt, nur der eigentümliche Fundort. An organischen Stoffen enthält der durchlässige, trockene, von atmosphärischen Niederschlägen ausgewaschene Sand (welcher den konservierten Exemplaren noch überall in lichthellen Körnchen anhängt) jedenfalls nur Spuren, welche voraussichtlich aus den zerfallenden Teilen der Gräser-Vegetation stammen; sie müssen also — Anhaltspunkte für etwaige parasitäre Lebensweise konnte ich nicht finden — zur Entwicklung hinreichen, was vielleicht nicht ganz leicht einzusehen ist. Thatsächlich findet der Pilz aber sein Auskommen und zudem noch kein ganz schlechtes. Auch muss er anorganische Salze noch in genügender Menge vorfinden, wie schon das Ausblühen solcher beim Eintrocknen der zerkleinerten Stielteile anzeigt; und wenn ein wesentlicher Anteil auch aus Chlornatrium (Seesalz) besteht, so beweist das doch wieder dessen (allerdings überhaupt wohl kaum des Beweises bedürftige) Zuträglichkeit. Die Wasserarmut des Standorts kommt jedenfalls

---

1) Rabenhorst, Kryptogamenflora. 2. Aufl. I. Pilze. 1. Abt. p. 658. Von den ähnlichen Arten besitzt nur *Agaricus silvaticus* Schaeff. kleinere Sporen obiger Grösse, andere Merkmale nähern sich aber dem *A. pratensis* Schaeff. Doch scheint mir die hier vorliegende Form am besten noch zu *O. campestris* zu ziehen. In wie weit eine scharfe Abgrenzung der verschiedenen unter dem Namen „Champignon" gehenden Arten bei deren bekannten Variabilität thunlich, lasse ich dahingestellt. Jedenfalls sind die Diagnosen mehrfach unzureichend und selbst einander widersprechend.

als ungünstiges Moment sehr wesentlich mit in betracht; für den verflossenen Sommer ist sie allerdings nicht so ganz hoch anzuschlagen und die häufigeren Niederschläge haben unstreitig das Erscheinen der zahlreichen Exemplare aus dem von Zeit zu Zeit durchfeuchteten Boden wesentlich begünstigt.

Wir haben hier somit immerhin einen pilzlichen Organismus von seltener Anspruchslosigkeit resp. beträchtlicher Widerstandsfähigkeit vor uns; das erhellt bereits aus seinen oben namhaft gemachten Standortsgenossen — ausschliesslich Vertretern der Dünenvegetation, unter denen er der einzige seines gleichen ist. An verbreiteteren Pflanzenparasiten findet man neben ihm nur noch zwei Arten am selben Orte, eine *Puccinia* auf Hypochoeris radicata L. (P. flosculosa [Alb. u. Schw.] Wint.) und eine *Claviceps*-Species [1]) (in den Ähren von Elymus arenarius L.), welche beide, insbesondere aber erstere, reichlich in dieser kleinen isolierten Dünenwildnis angetroffen werden. *Ustilago Hypodites* (Schlecht.) Wint. (auf Ammophila arenaria Lk.) habe ich hier wenigstens nicht beobachtet.

Wennschon demselben sandiger Boden zusagen mag, ein regelmässiges ist dies Vorkommnis des Champignons auf Dünensand jedenfalls nicht, denn an anderen Orten (Norderney, Juist) findet man ihn zwar auch gelegentlich im Sande, aber mehr doch auf wesentlich besserem Grunde. In den höheren Dünenketten selbst habe ich ihn hier nirgend beobachtet, dagegen insbesondere auf den inneren Wiesenflächen, denen aber weder Feuchtigkeit (Gewässerbildung durch atmosphärische Niederschläge) noch erdige Beimengungen mangeln. So sammelte ich auf der zur sogenannten Meierei (Viehzucht!) gehörigen Weide (Norderney) eine Reihe ausnehmend üppiger Exemplare (bis 20 cm Hutdurchmesser); doch trifft man deren auch, wennschon in geringerer Grösse, auf dem grasigen Sandboden seitlich von der die letztgenannte Insel durchschneidenden Fahrstrasse. Sein öfteres Vorkommen auf dieser Insel wird schon durch die Thatsache bewiesen, dass er von manchen Bewohnern gekannt und gesammelt wird. Er scheint aber auch hier

1) Über die etwaige Identität mit *Cl. purpurea* enthalte ich mich des Urteils; ich habe bisher nur sterile Sklerotien vor mir gehabt, die freilich im Aussehen von denen dieser Species etwas verschieden sind. Es könnte auch wohl eine der anderen Species (*Cl. microcephala* oder *nigricans*) vorliegen, scheint aber zunächst noch des Beweises bedürftig.

wiederum eine der wenigen (— nahezu die einzige —) Arten zu sein, durch welche die Basidiomyceten an diesem Ort vertreten sind, und unstreitig darf er als die häufigste betrachtet werden, denn seine Hüte sind fast die einzigen sichtbaren Zeichen einer wirklich vorhandenen Pilzvegetation des Bodens.

Was wir verbreiteter und in grösserer Individuenzahl an anderen Species finden, rekrutiert sich wiederum — unter Ausschluss der bereits oben erwähnten Schimmelformen — aus der Gruppe der ausgesprochenen Parasiten (Uredineen und Ustilagineen), welche Dünengräser und mehrere Dicotylen befallen. Häufiger sind *Ustilago Hypodites* (Schlecht.) Wint. (auf Ammophila arenaria Lk.), eine *Puccinia* auf ebenderselben; auf Viola arenaria Dc. die *Puccinia Violae* (Schum.) Wint., *P. Aegopodii* (Schum.) Wint. auf dem reichlich in den schattigen Anlagen wuchernden Aegopodium, und dieses massenhaft befallend. Endlich fehlt das oben schon genannte *Claviceps* in den Ähren von Elymus arenaria L. eigentlich nirgend, war jedenfalls in der verflossenen Vegetationsperiode sehr häufig vorhanden. Zumal auf Norderney wird man in günstigen Jahren wohl noch eine grössere Reihe von Formen in den zahlreichen durch Kunst geschaffenen Anlagen und Pflanzungen auffinden können, sobald man in der geeigneten Jahreszeit genauere Nachsuche hält, während auf den kleineren, weniger bebauten Inseln die Sachlage zum guten Teil wohl nicht wesentlich von der auf Helgoland und seiner Düne gegebenen abweicht. Mit der Einfuhr bez. dem Anbau einer gewissen Pflanzenart wird offenbar auch die Wahrscheinlichkeit für das gelegentliche Auftreten ihres Krankheitserregers herbeigeführt.

Im übrigen finden wir Pilzvegetation nur auf den mehr oder weniger sandigen, vorwiegend trockenen centralen Inselteilen, sie fehlt also ganz den auf der Wattseite liegenden umfangreichen, meist unter dem Meereseinfluss stehenden schlickreichen Salicornia-Wiesen mit ihrer Salzflora (Glaux maritima L., Triglochin maritima L., Aster trifolium L. u. a.), wo wenigstens eine Reihe von Vertretern der niederen Tierwelt (Crustaceen, Infusorien) das sonst — abgesehen von Vogelarten, einigen Insekten und Würmern — faunistisch öde Bild belebt. An Bakterien fehlt es freilich nicht, Anzeichen für das Vorkommen parasitischer Mycelformen mangeln jedoch, sodass als

Sammelort für den Mykologen, neben Kulturgewächsen, gewissen Unkräutern etc., im wesentlichen nur die Pflanzen der sandigen Standorte in betracht kommen. In überwiegender Menge sind das ja Gramineen, und auf anderen Dicotylen als den obengenannten kamen mir etwaige Rostpilze etc. nicht zu Gesicht (Rosa pimpinellifolia L. auf Norderney, Hippophaë rhamnoides L. auf Juist, Salix repens L. u. a.).

Immerhin ist es nicht ohne Interesse, zu sehen, wie unser übrigens ja allverbreiteter Champignon auch der Flora dieser vom Festlande weiter abliegenden, geologisch eigenartigen Inseln — und zwar als fast einziger und jedenfalls bei weitem häufigster Vertreter seiner näheren Verwandten — angehört, sodass er noch bei deren für derartige Pilzformen nicht immer günstigen Boden- und klimatischen Verhältnissen sein Auskommen findet.

Korrigenda.

p.	18	Zeile	4	ist	zu	lesen	Miyoshi statt Miyoshi's.
„	36	„	16	„	„	„	ähnliches statt ähnlicher.
„	61	„	1	„	„	„	gelegentlich statt nicht gelegentlich.
„	71	„	7	„	„	„	Fig. 10 statt Fig. 9.
		„	10	„	„	„	Fig. 9 statt Fig. 7.
„	73	„	14	„	„	„	zahlreich statt zierlich.
„	91	„	22	„	„	„	Kohlenstoffquelle statt Kohlenstoffe.
„	116	„	8	„	„	„	jener statt jenes.
„	153	„	15	„	„	„	nicht bloss statt meist bloss.

Erläuterung zu den Tafeln.

Tafel I[1].

Fig. 1. Apfelsine von *Penicillium italicum* befallen. Während der blaugrüne Schimmelrasen die Fruchtschale allmählich überzieht, durchsetzen intercellulare Hyphen das Gewebe der inneren Frucht. Spontane Infektion ohne sichtbare Verletzung; (*Penicillium*-Fäule der Apfelsinen).

Fig. 2. Citrone mit *Penicillium olivaceum* und *P. italicum* sich überziehend; ein Teil des Pilzrasens noch steril und schneeweiss. Spontane Infektion nach leichter Verletzung der Schale (Anschneiden am linken Polende) aufgetreten (*Penicillium*-Fäule der Citronen).

Fig. 3. Citrone mit beginnender Besiedelung durch *P. italicum* infolge absichtlicher Verletzung (Anschneiden). Das Exemplar (durch besondere Grösse ausgezeichnet) war in der Reife noch zurück und zeigte infolgedessen trotz Aufbewahrens im feuchten Raume relativ langsamen Fortschritt der Infektion.

Fig. 4. Weintraube (Almeria) vom Edelfäulepilz befallen (*Botrytis cinerea*). Nach künstlicher Infection 10 Tage in der feuchten Kammer gehalten. Neben den grauen Rasen der *Botrytis* einige Polster von *Penicillium*.

---

1) Sämtliche Figuren in ca. $^3/_4$ der natürl. Grösse und unmittelbare Reproduktion der von den Platten genommenen Positive (Goerz'sches Weitwinkel-Lynkeioskop). Die Aufnahme insbesondere der ersten 3 Objekte hat insofern mit einigen Schwierigkeiten zu kämpfen, als die gelben und orangenen Strahlen (Apfelsine, Citrone) erheblich langsamer auf die Platte wirken als die grünen, grünblauen und zumal weissen; die letztgenannten Partien werden somit gewöhnlich überexponiert und weiterhin dann unterkopiert. Will man sie kräftig herauskopieren, so werden die gelben Partien währenddes nahezu schwarz und lassen sich auch ohne Benachteiligung des Bildes schlecht zurückhalten.

Fig. 5. Weintraube (Ingelheimer) von *Penicillium glaucum* spontan inficiert („speckige Fäule"), dessen grüne Polster an vielen Stellen aus der unverletzten Oberhaut hervorbrechen (feuchte Kammer).

Fig. 6. *Penicillium*-Fäule des Apfels nach Conidien-Infektion (Einschneiden der Schale und Aufbewahren in der feuchten Kammer); auch hier brechen zahlreiche Conidienpolster durch die Oberhaut.

Fig. 7. *Penicillium*-Fäule der Birne. Spontanes Auftreten.

Fig. 8. *Mucor*-Fäule der Birne *(M. piriformis);* spontan aufgetreten, Sporangienträger-Entwicklung nach Einlegen in die feuchte Kammer.

Näheres vergl. Text.

Tafel II.

1. *Penicillium italicum* nov. spec.

Fig. 1 und 2: Conidienträger, davon Fig. 1 gewöhnliche und Fig. 2 reduzierte Form; von einer Kultur auf Zuckerlösung (Vergr. 400).

Fig. 3. Sterigma mit Conidienkette; nach Fuchsinfärbung (Plasmakontraktion) gezeichnet (Vergr. 600).

Fig. 4. Zweigende mit drei noch jugendlichen Sterigmen; Fuchsinfärbung und Kontraktion des Plasmas (Vergr. 600).

Fig. 5. Conidien (Vergr. 700).

Fig. 6. Sklerotien auf der Fruchtoberfläche (natürl. Gr.).

Fig. 7 und 8. Sklerotien stärker vergrössert, auf der Oberfläche einer auf Apfelsinensaft gewachsenen Decke; h = Hyphen. (Vergr. 7 bez. 28).

Fig. 9. Querschnitt durch ein 8 Wochen altes Sklerotium; die braunen Rindenschichten schattiert gezeichnet (Vergr. 90).

Fig. 10. Zellen aus dem Innern desselben, durch Zerdrücken isoliert (Vergr. 360).

2. *Penicillium olivaceum* nov. spec.

Fig. 11—13. Conidienträger, von einer Kultur auf Zuckerlösung (Vergr. 450).

Fig. 14. Reife Conidien (Vergr. 500).

Fig. 15. Präparat aus der Fruchtschale einer faulenden Apfelsine; *h* = Pilzhyphen (Vergr. 130).

3. *Penicillium glaucum* Lnk.

Fig. 16. Conidienträger (Vergr. 480); daneben ein solcher einfacherer Gestalt (Vergr. 220).

Fig. 17. Sterigma mit Conidienkette (Vergr. 600).

Fig. 18. Conidien, isoliert und in Kettenverband (Vergr. 800).

Fig. 19. Conidienträger auf einem Gewebsstück aus der Fruchtschale eines faulen Apfels (Vergr. 40) (hierher stammen auch die vorhergehenden Präparate).

Fig. 20. Conidienpolster auf einer faulenden Weinbeere (nat. Gr.).

Fig. 21. Conidienträgerrasen in annähernd nat. Gr. (Habitusbild).

Fig. 22. Zellen aus dem Fruchtfleisch eines faulen Apfels mit den sie umspinnenden Pilzhyphen (*h*), *K* = Krystallnadeln, *p* = kontrahierter und gebräunter Plasmakörper (Vergr. 40).

Tafel III.

1. *Mucor piriformis* Fischer.

Fig. 1. Sporangienträger (Vergr. 10).

Fig. 2. Gruppe von Sporangienträgern verschiedener Grösse (annähernd nat. Grösse).

Fig. 3—5. Columella wechselnder Form (eiförmig, kuglig, birnförmig) (Vergr. 40). *c* = Sporen im selben Grössenverhältnis.

Fig. 6. Sporen (Vergr. 500). — Alle Präparate von Reiskulturen.

Fig. 11. Mycel zwischen den Zellen eines faulenden Apfels (Vergr. 30).

2. *Mucor stolonifer* Ehrenbg. (*Rhizopus nigricans* Ehrenbg.).

Fig. 7. Zwei Sporangienträger, der eine mit reifem unverletzten Sporangium, während der andere die Sporen bereits entlassen hat und die breitkuglige Columella zeigt. *a* = Ausläufer (Stolonen). *c* = Sporen (Vergr. 40).

Fig. 7 a. Verzweigter Sporangienträger desselben Präparats (Vergr. 15).

Fig. 8. Ausläufer mit Sporangienträger-Gruppen (nat. Grösse).

Fig. 9. Sporen (Vergr. 240). — Alle Präparate von einem faulenden Apfel.

3. *Mucor racemosus* Fresen.

Fig. 10. Sporangienträger (ungefähr nat. Gr.). — Von einer Reiskultur.

4. *Botrytis cinerea* Pers.

Fig. 12. Conidienträger von einer faulenden Weinbeere (Vergr. 100).

Fig. 12a. Conidienträgerrasen auf der Beerenoberfläche (nat. Gr.).

Fig. 13. Spitze eines jüngeren Conidienträgerzweiges, dessen Ästchen teilweise noch in der Conidienbildung begriffen (die Mehrzahl der älteren Sporen ist durch Präparation entfernt); die Spitze des Zweiges ist noch farblos, die basalen älteren Teile dagegen bereits schwach gefärbt. Bei *n* eine neue zur Zweigbildung führende Ausstülpung des Mutterzweiges (Vergr. 200).

Fig. 14. Reife Conidien, von denen zwei ausgekeimt sind (Vergr. 600).

5. *Citromyces*-Spec.

Fig. 15. Junger Conidienrasen von Weinsäure-Lösung (Vergr. 200); bei *a* annähernd in natürlicher Grösse (wenig vergr.).

6. *Verticillium glaucum* Fresen.

Fig. 16. Sterile Flockenbildung aus verdünnter Citronensäure-Lösung (nat. Grösse).

Fig. 17. Conidienbildende Hyphen aus einer Kultur auf Zuckerlösung; bei *a* eine Hyphe mit Plasmakontraktion (Kugelbildung) (Vergr. 330).

Fig. 18. Tonnenförmig angeschwollene Hyphen aus der gleichen Kultur (Vergr. 300).

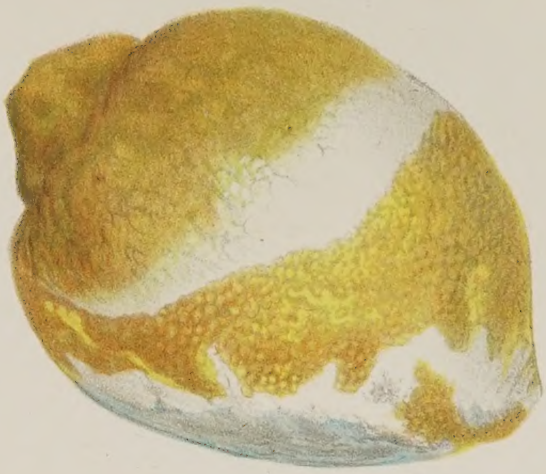
Fig. 19. Grüne Conidienpolster auf toter Rinde (nat. Grösse).

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena. — 1411

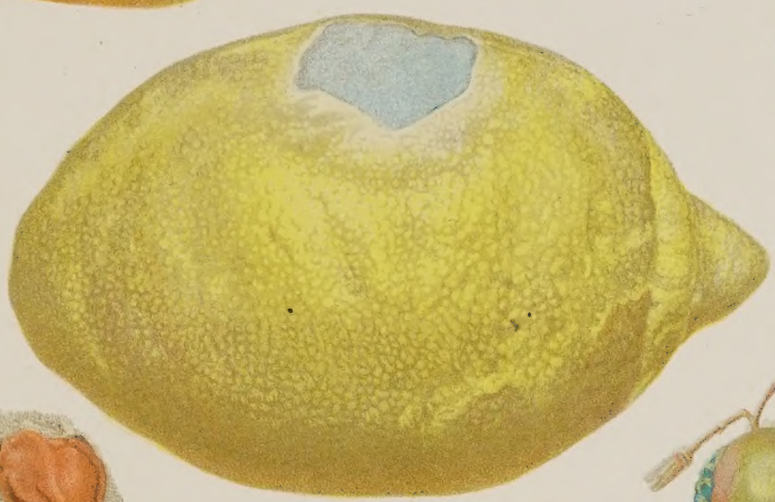
Heft 2. Taf. I.

184

1.



2.



3.

4.

5.

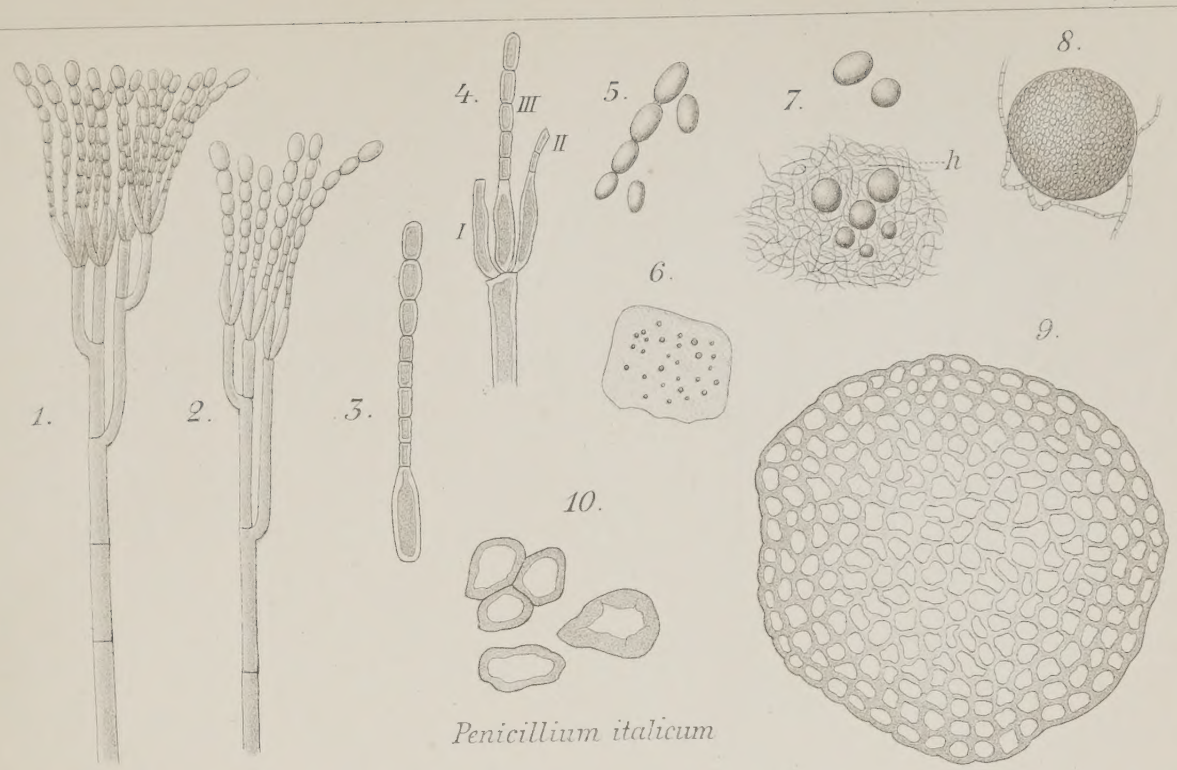
6.

7.

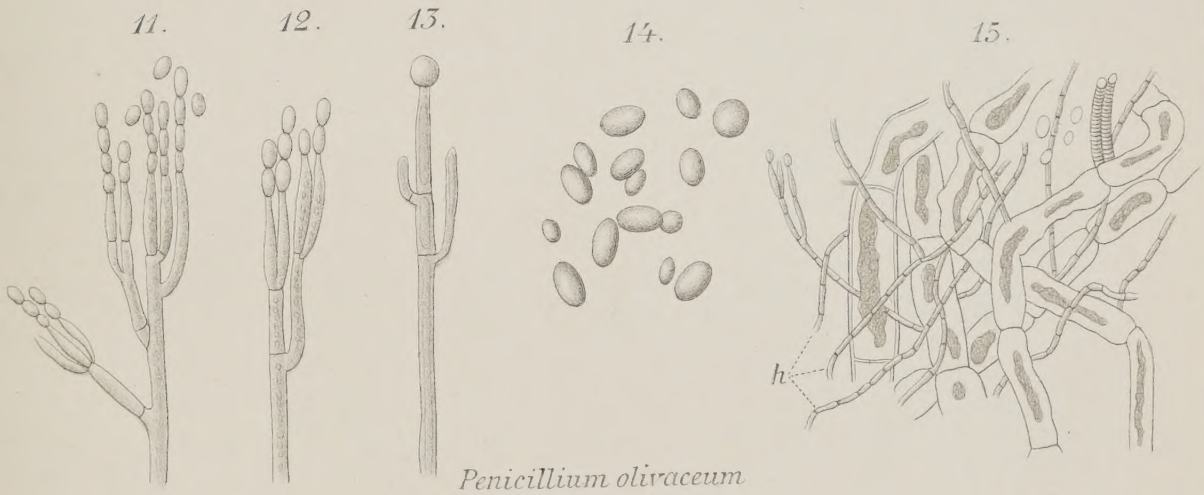
8.

C. Wehmer phot u. color.

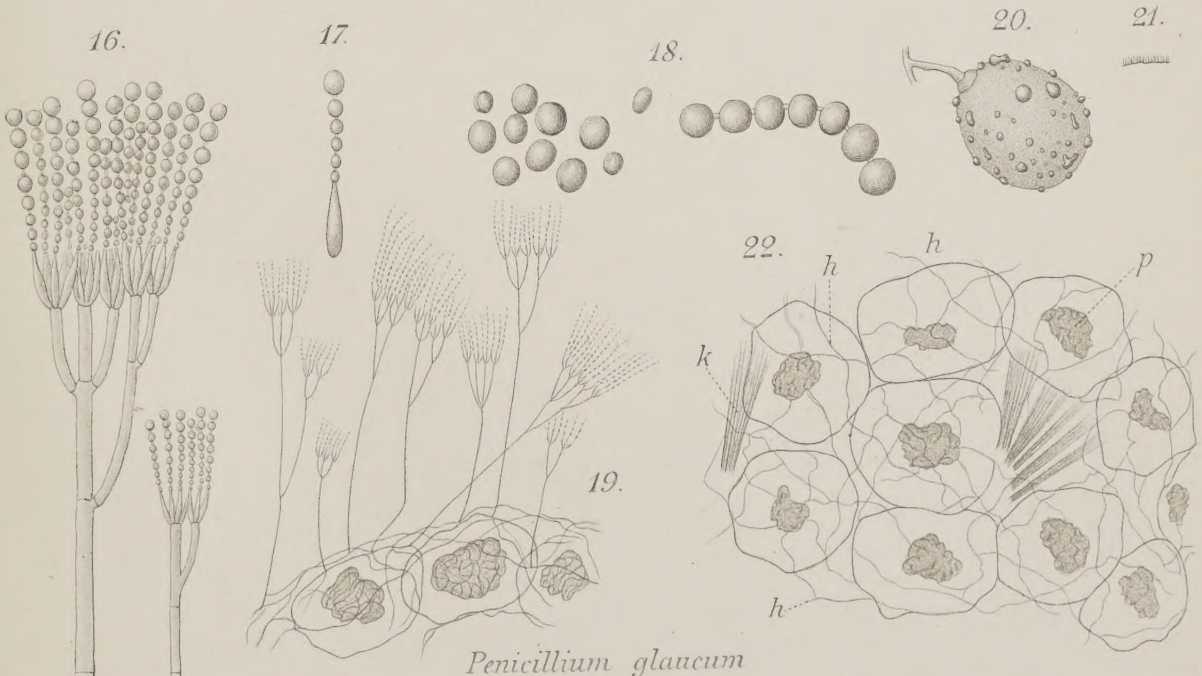
Lith. Anst. v. Werner & Winter, Frankfurt a/M.



Penicillium italicum



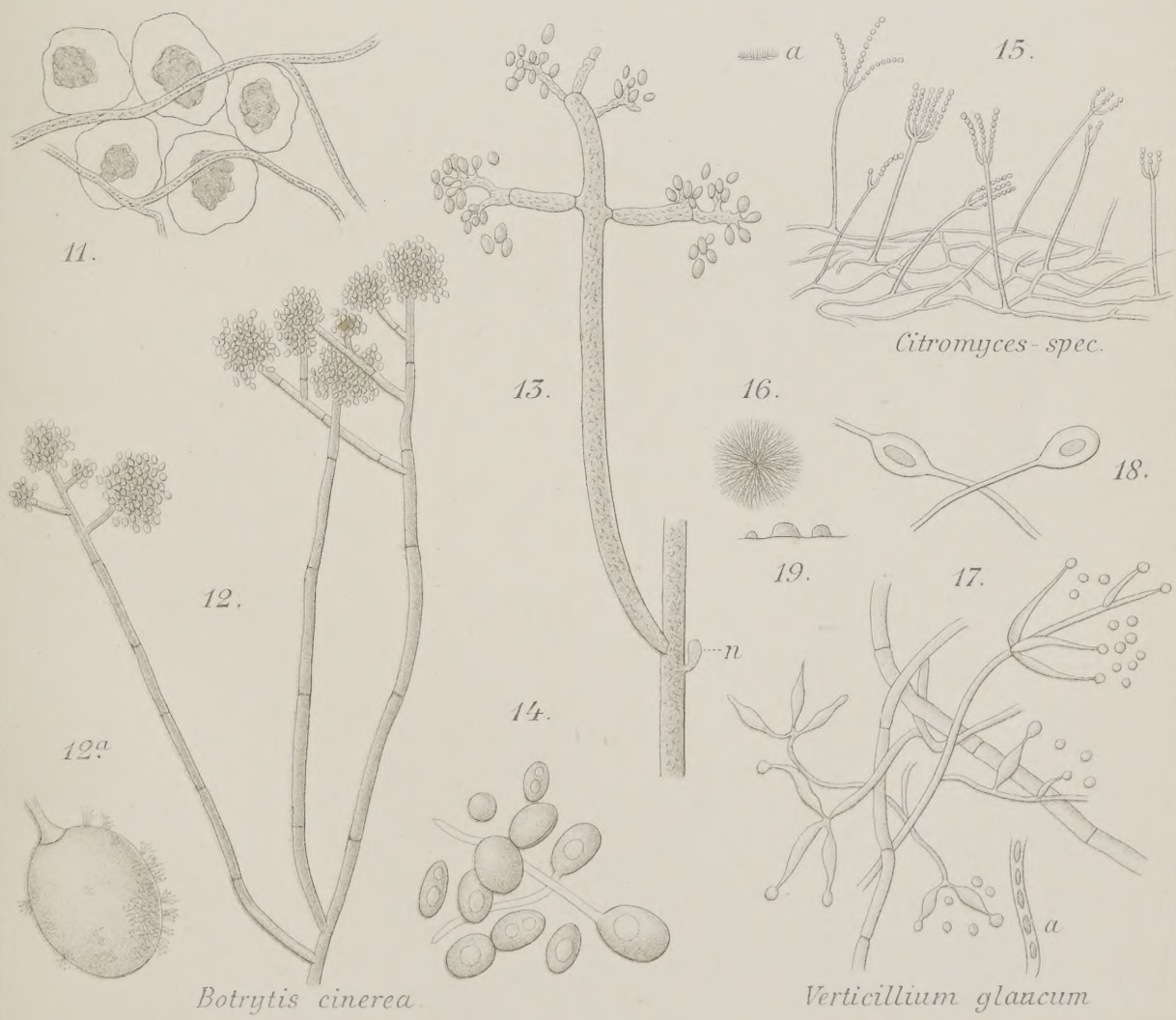
Penicillium olivaceum



Penicillium glaucum

C. Wehmer gez.
Lith. Anst. v. Werner & Winter, Frankfurt a/M

Mucor piriformis *Mucor stolonifer* *Mucor racemosus*



Citromyces-spec.

Botrytis cinerea *Verticillium glaucum*

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Seit dem 1. Januar 1895 erscheint:

Centralblatt
für Bakteriologie und Parasitenkunde.

Zweite Abteilung:

Allgemeine, landwirtschaftlich-technologische Bakteriologie, Gärungsphysiologie und Pflanzenpathologie.

In Verbindung mit

Prof. Dr. **Adametz** in Krakau, Dr. **W. M. Beyerinck** in Delft, Prof. Dr. **A. B. Frank** in Berlin, Dr. **v. Freudenreich** in Bern, Prof. Dr. **Emil Chr. Hansen** in Kopenhagen, Dr. **Lindner** in Berlin, Prof. Dr. **Müller-Thurgau** in Wädensweil, Dr. **Erwin F. Smith** in Washington, Prof. Dr. **Stutzer** in Bonn, Privatdozent Dr. **Wehmer** in Hannover, Dr. **Weigmann** in Kiel, Dr. **Wilfarth** in Bernburg und Dr. **Winogradsky** in St. Petersburg

herausgegeben von

Dr. O. Uhlworm in **Cassel.**

Die Bakteriologie, Gärungsphysiologie und Parasitenkunde hat in den letzten Jahren nicht nur für die Medizin, sondern ganz besonders auch für die Landwirtschaft und viele Zweige der Technologie so ausserordentlich an Bedeutung gewonnen, dass es nicht mehr möglich ist, im bisherigen Umfang des Centralblatts für Bakteriologie und Parasitenkunde diese vielseitigen Gebiete gleichmässig und ihrer Wichtigkeit entsprechend zu pflegen. In Folge dessen ist das Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde vom 1. Januar 1895 ab **in zwei Hälften geteilt worden, deren erste der allgemeinen medizinischen Bakteriologie und Parasitenkunde** im weitesten Sinne des Wortes gewidmet bleiben soll, während in der **zweiten Abteilung zum ersten Male ein Organ geschaffen wird, welches die Fortschritte der allgemeinen, der technologischen und der landwirtschaftlichen Bakteriologie, Gärungsphysiologie etc., sowie der Pflanzenkrankheiten** durch Originalartikel (in deutscher, englischer oder französischer Sprache) und Referate den Lesern vorführen soll.

Es soll dadurch den Wünschen vieler Forscher, Chemiker, Physiologen und Botaniker, sowie den Interessenten auf dem Gebiete der Technologie und Landwirtschaft entsprochen werden, welche bisher die sie interessierenden Arbeiten über Bakteriologie des Bodens und des Düngers, der Milch-, Butter- und Käsefabrikation, Bierbrauerei, Brennerei, des Weinbaus, der chemischen Technologie und der Pflanzenkrankheiten in allen möglichen chemischen, technischen, landwirtschaftlichen und botanischen etc. Zeitschriften mühsam zusammensuchen mussten.

Fortsetzung auf der 4. Umschlagseite.

Auch diese Abteilung wird eingeteilt sein in:

1. Wissenschaftliche Originalarbeiten.
2. Originalberichte aus Instituten und Laboratorien.
3. Zusammenfassende Uebersichten.

Diese Uebersichten haben den Zweck, den nicht auf diesen Gebieten selbstthätigen Lesern ein möglichst getreues Bild der historischen Entwickelung unserer gegenwärtigen Kenntnis über bestimmte einschlagende wichtige Fragen zu geben, dieselben sollen in längeren, also nicht jährlichen, Zwischenräumen wiederholt werden.

4. Referate.

Dieselben werden den Hauptteil des Blattes bilden, und es soll die Aufgabe derselben sein, den Inhalt aller diesbezüglichen im In- und Auslande selbständig oder in periodischen Schriften erscheinenden Arbeiten über allgemeine Bakteriologie sowie des Bodens und des Düngers, der Milch-, Butter- und Käsefabrikation, Bierbrauerei, Brennerei, des Weinbaus der chemischen Technologie und der Pflanzenkrankheiten in knapper, streng wissenschaftlicher Form wiederzugeben. Objektivität der Darstellung soll möglichst streng gewahrt werden, sachliche Kritik jedoch nicht ausgeschlossen sein, sofern sie sich von allem Persönlichen freihält. Durch Namensunterschrift der Referenten soll die Gediegenheit der Besprechungen möglichst gesichert werden

5. Berichte über Untersuchungsmethoden, Instrumente etc.

Bei dem grossen Werte, welchen für die experimentellen Untersuchungen die genaue Kenntnis und Darstellung der Versuchs- und Untersuchungs- resp. Züchtungsmethoden hat, wird das Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde auch in der 2. Abteilung gerade dieser Rubrik eine sehr sorgfältige und eingehende Berücksichtigung widmen. Alles, was für die Verbesserung oder Vereinfachung der Untersuchungsmethoden von Wichtigkeit sein kann, wird daher schnell und ausführlich den Lesern, wenn wünschenswert unter Zuhilfenahme von Abbildungen, zur Kenntnis gebracht werden.

6. Berichte über die in das Gebiet der Bakteriologie und Parasitologie einschlagenden Vorträge und Verhandlungen auf Naturforscherversammlungen und sonstigen Kongressen.

7. Berichte und Beschreibungen der für bakteriologische und parasitologische Forschungen eingerichteten Institute und sonstigen Anstalten.

8. Systematisch geordnete wöchentliche Uebersichten über die neueste gärungsphysiologische und phytopathologische, bakteriologische, landwirtschaftlich-technologische Litteratur aller Länder; dieselben sollen ein möglichst vollständiges Bild aller Leistungen der letzten Wochen geben.

Die zweite Abteilung erscheint zunächst alle 14 Tage. Der Jahrgang umfasst somit 26 Nummern im Umfange von mindestens 2 Bogen; der Abonnementspreis beträgt 16 Mark, für beide Abteilungen zusammen 40 Mark.

Probenummern stehen auf Wunsch gratis und franko zu Diensten.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena. — 1411

Bot
Thalloph
W

Beiträge

zur

Kenntnis einheimischer Pilze

Experimentelle Untersuchungen auf dem Gebiete der Physiologie, Biologie und Morphologie pilzlicher Organismen

Von

Prof. Dr. C. Wehmer

Dozent an der Kgl. Technischen Hochschule zu Hannover

Heft 3

Experimentelle Hausschwammstudien

Mit 14 Abbildungen im Text und 2 Tafeln

Jena
Verlag von Gustav Fischer
1915

Germany

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Die Pflanzenstoffe

Botanisch-systematisch bearbeitet

Chemische Bestandteile und Zusammensetzung der einzelnen Pflanzenarten

Rohstoffe und Produkte

Phanerogamen

Von **Prof. Dr. C. WEHMER**

Dozenten an der Kgl. Technischen Hochschule zu Hannover.

1911. **Preis: 35 Mark.**

Pharmazeutische Zeitung, 56. Jahrg., Nr. 25 vom 29. März 1911:

In dem vorliegenden umfassenden Werke hat der Verfasser mit großem Geschick den Versuch unternommen, die Ergebnisse der bisherigen pflanzenchemischen Forschung in knappester Form übersichtlich zusammenzufassen. Es ist demselben, gestützt auf ein umfassendes eigenes Wissen, gelungen, die großen Schwierigkeiten, die sich auf einer möglichst lückenlosen Zusammenfassung entgegenstellen, durch Fleiß und Ausdauer und nicht zum wenigsten durch eine eingehende und gründliche Quellenforschung zu überwinden, so daß nunmehr ein Werk vorliegt, das als praktisches Nachschlagebuch vollste Anerkennung verdient und, soweit die Phanerogamen in Betracht kommen, auch ein vollständiges genannt werden kann. Um einen schnellen Überblick über das Ganze und eine leichte Orientierung im einzelnen zu ermöglichen, wurde die Anordnung des Materials im botanischen System gegeben. Dabei ist der Verfasser soweit wie möglich Engler-Prantl („Natürliche Pflanzenfamilien") und dem Syllabus von Engler gefolgt.

Wir können das nahezu 1000 Seiten umfassende Buch nicht nur allen Apothekern und Ärzten, sondern auch Botanikern, Chemikern usw. als brauchbares Nachschlagewerk sehr empfehlen und man darf wohl erwarten, daß dasselbe bald in keiner einigermaßen vollständigen Bibliothek mehr fehlen wird.

Chemiker-Zeitung 1911, Nr. 32:

Das Buch zeichnet sich durch große Übersichtlichkeit aus. . . . Das Werk von Wehmer kann mit Recht einen Platz beanspruchen in den botanischen, physiologischen, biochemischen und pharmazeutischen Büchereien und Laboratorien. Auch dem technischen und landwirtschaftlichen Chemiker wird das Buch in phytochemischen Fragen ein nützlicher Ratgeber sein.

Münchener med. Wochenschrift, Nr. 21 vom 23. Mai 1911:

. . . ein Nachschlagewerk, aber von seltener Exaktheit und Ausführlichkeit unter Berücksichtigung und Ausführung der gewaltigen Literatur bis zum letzten Jahr. Das Werk wird in Zukunft in keiner Bibliothek eines Naturforschers fehlen dürfen.

Zeitschrift für angewandte Chemie vom 28. April 1911, Heft 17:

Ein äußerst mühevolles Werk, die Frucht der Arbeit eines Dezenniums, liegt vor uns. Der ganze umfangreiche und weit verstreute Stoff, der vom Standpunkte des Botanikers in neuerer Zeit noch niemals, von dem des Chemikers auch nur in kleineren Ausschnitten oder kurzen Übersichten behandelt worden war, mußte erst zusammengetragen werden. Und wer die Schwierigkeiten kennt, die darin liegen, die häufig einander widersprechenden Angaben verschiedener Autoren zu sichten und richtig zu bewerten, wird die hier geleistete Arbeit besonders zu würdigen wissen. . . . Alles in allem: Ein Buch, das sich den großen wissenschaftlichen Enzyklopädien, um die uns die ganze Welt beneidet, würdig an die Seite stellt.

Apotheker-Zeitung, Nr. 30 vom 15. April 1911:

. . . Ferner ist dankend zu erwähnen, daß die Namen der Pflanzenarten überall korrekt gegeben werden, soweit dem Verfasser das möglich war. Es ist ja genugsam bekannt, wie nachlässig in dieser Beziehung oft genug Chemiker und andere Gelehrte, die nicht Fachbotaniker sind, verfahren. Das Buch, das gewiß allgemeine Verbreitung finden wird, ist recht geeignet, darin Wandel zu schaffen, da es jedem, der es benutzt, den Namen der Pflanze so genau wie möglich darbietet.

A

Beiträge

zur

Kenntnis einheimischer Pilze

Experimentelle Untersuchungen auf dem Gebiete der Physiologie, Biologie und Morphologie pilzlicher Organismen

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

Von

Prof. Dr. C. Wehmer

Dozent an der Kgl. Technischen Hochschule zu Hannover

Heft 3

Experimentelle Hausschwammstudien

Mit 14 Abbildungen im Text und 2 Tafeln

183790
10.9.23

Jena
Verlag von Gustav Fischer
1915

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

ALLE RECHTE VORBEHALTEN

Inhaltsverzeichnis.

Seite

1. **Zur Biologie von *Coniophora cerebella* A. et Sch.** 1

2. **Der wachstumshemmende Einfluß von Gerbsäuren auf *Merulius lacrymans* in seiner Beziehung zur Resistenz des Eichenholzes gegen Hausschwamm** 12

   I. Versuche mit Tanninzusatz 27
   II. Gallussäureversuche 29
   III. Versuche mit Eichenholz 31
   IV. Versuche mit Tannin-getränktem Fichtenholz 33

3. **Ansteckungsversuche mit verschiedenen Holzarten durch *Merulius*-Mycel** 39

   Temperatur und Feuchtigkeit der Luft des Kellers im Verlauf der Versuche 47
   Feuchtigkeitsgehalt der gssunden Versuchs-Hölzer . . . 49

4. **Versuche über die Bedingungen der Holz-Ansteckuug und -Zersetzung durch *Merulius*** 51

   1. Infectionsversuche im Laboratorium und Keller 51
      A. Infectionsversuche mit Reinculturen im Laboratorium . 57
      B. Infectionsversuche in feuchter Kellerluft 62
   2. Die Ursaahe des Mißfolges der Mxcelimpfungen 68
   3. Einfluß des Sterilisierens 72
   4. Tränkung des Holzes mit Nährstoffen 77
   5. Einfluß niederer Temperatur 81
   6. Unterschied von Splint und Reifholz 83
   7. Bedeutung der Feuchtigkeit 85
   8. Übertragung von Sporen auf gesundes Holz 90
   9. Ansteckung durch wachsende Mycelrasen 94
   10. Schlußzusammenfassung 96

Tafelerklärungen.

Vorwort.

Die hier vorliegenden „Experimentellen Hausschwammstudien“ sind ein im wesentlichen unveränderter Abdruck verschiedener im „Mycologischen Centralblatt“ 1912—1914 erschienenen Arbeiten[1]). Es handelt sich dem Titel entsprechend um experimentelle Untersuchungen, ihre Resultate bleiben also auch heute noch dieselben; die Einzelheiten sind hinsichtlich der Durchführung so ausführlich mitgeteilt, daß eine Nachprüfung ohne weiteres möglich ist. Allein die letzte der vier Arbeiten hat mich mit den erforderlichen Versuchen rund 2 Jahre beschäftigt.

Wenn auch manche Einzelfrage noch der Bearbeitung harrt, dieser oder jener Punkt überdies der Vertiefung bedarf, so glaube ich einige Hauptfragen durch diese Untersuchungen doch ihrer Lösung näher gebracht zu haben: Die Übertragung des Hausschwammes erfolgt in der Praxis — wie kaum noch zu bezweifeln ist — im wesentlichen durch vorerkranktes Holz, seine Ausbreitung innerhalb desselben Bauwerkes allein auf rein vegetativem Wege, bislang ist auch nicht eine sichere Tatsache bekannt geworden, die auf Mitwirkung der Sporen schließen läßt; alle derartigen Behauptungen erweisen sich bei genauerem Hin-

---

1) Mycol. Centralbl. 1912, **1**, 2—10 (1); 138—148, 166—174 (2); 1913, **2**, 331—340 (3); 1913/14, **3**, 321—332 (4); 1914, **4**, 241—252, 287—299 (4, 2. Hälfte). Die eingeklammerten Zahlen sind die Nummern der hier abgedruckten Arbeiten.

Eine Ergänzung sind folgende Mitteilungen in den „Ber. D. Botan. Ges.“: Über Resistenz des Eichenholzes: 1911, **29**, 704; 1914, **32**, 206. Keimversuche mit Meruliussporen: 1913, **31**, 311; 1914, **32**, 254. Natur der lichtbrechenden Tröpfchen der Sporen: 1911, **29**, 483. Pigmentbildung; 1912, **30**, 321. Merulius lacrymans und M. silvester: 1912, **30**, 601.

sehen als hinfällig, sie entbehren der Stütze durch einwurfsfreie Experimente. Als solche können nur Versuche in Häusern selbst gelten, sie lassen sich hier auch unschwer durchführen. Aus reinen Laboratoriumsversuchen mit gekünstelter Versuchsanordnung ergibt sich zunächst noch nichts Sicheres für die Praxis, die Gültigkeit von Schlüssen ist für natürliche Verhältnisse erst nachzuprüfen.

Gefährdet durch den Hausschwamm sind weiterhin neben Nadelhölzern nur bestimmte Laubhölzer, keineswegs wird also jede Holzart angegriffen, der Grund dieser Widerstandsfähigkeit konnte wenigstens für das Eichenkernholz aufgeklärt werden. Höhere Substratfeuchtigkeit erwies sich als wesentliche Begünstigung der Schwamm-Entwicklung und -Wirkung, das deckt sich mit der Ansicht der Praktiker wie mit älteren Literaturangaben[1]). Gleiches ließ sich für den Gehalt des Holzes an wasserlöslichen Nährstoffen zeigen, sie waren Bedingung für schnelle und tiefgehende Zersetzung des Fichtenholzes.

Ein Betonen der Notwendigkeit genau durchgeführter Versuche scheint gerade jetzt, wo die Hausschwammfrage nahe daran ist, sich in bislang unbekanntem Maße in Hypothesen und wertlose Speculationen zu verlieren, nicht überflüssig, um so mehr als die experimentelle Begründung dieser in Mehrzahl der Fälle leider auf unrichtigen Beobachtungen und Feststellungen fußt.

---

1) Siehe R. Hartig, Der echte Hausschwamm, Berlin 1885; 2. Aufl. bearbeitet von C. v. Tubeuf, 1902; C. Mez, Der Hausschwamm und die übrigen holzzerstörenden Pilze, Dresden 1908, wo ausführliche frühere Literatur.

C. Wehmer.

1. Zur Biologie von *Coniophora cerebella* A. et Sch.

(Mit 3 Textbildern).

Coniophora, dieser neuerdings als Schädling von Bauten in den Vordergrund des Interesses getretene Pilz, welcher leicht auf den verschiedensten Substraten zur Entwicklung zu bringen ist, zeigt durch seine ausgesprochene Neigung zu starker Luftmycelbildung eine so charakteristische Eigentümlichkeit, daß er allein dadurch schon unschwer von anderen Holzpilzen culturell unterschieden werden kann. Bedingung für Äußerung dieser Eigenart ist ein streng abgeschlossener Raum von gleichmäßiger Luftfeuchtigkeit, also Abschluß des Culturraumes von der Außenluft; man erreicht das bei Versuchen in kleineren Gläsern durch Überziehen einer Gummikappe (so in Culturröhrchen) oder Aufsetzen eines eingeschliffenen Glasstopfens; alsbald beginnt der Pilz dann mit seinem gelblichen Mycel nicht nur in den Luftraum emporzuwachsen, sondern er kriecht jetzt auch in feinen und gröberen verästelten Strängen an den Gefäßwänden entlang, durchwächst den Wattepfropf und geht außerhalb auf jeden erreichbaren Gegenstand (Glas, Stein, Holz, Watte usw.) über. Alles das bleibt in Culturen mit bloßem Watteverschluß — falls dieser nicht besonders fest ist — aus; hier überzieht der Pilz gleich anderen Species gewöhnlich nur das Substrat. Daß unter solchen Umständen auch lufttrocknes Holz von ihm glatt infiziert wird, für diese Infection also nicht etwa Nässe desselben entscheidend ist, teilte ich bereits kurz mit[1]). Man kann diese Besonderheit diagnostisch verwerten, indem Reagenzglasculturen der zu prü-

1) Jahresber. d. Vereinigung f. Angewandte Botanik, 1910, Bd. **8**, p. XIX, 186 u. 192, (Berlin 1911). Über eine gleiche Beobachtung des Durchwachsens von Wattepfropfen berichtete kürzlich Duysen, Ber. d. D. Bot. Gesellsch. 1911, **29**, 460.

fenden Pilze in einem größeren Cylinderglas mit eingeschliffenem Stöpsel einige Zeit sich selbst überlassen werden; nur *Coniophora* kriecht alsbald aus ihrem Culturröhrchen, die Vegetationen von *Merulius lacrymans* Schum. und *Polyporus vaporarius* Fr. verändern ihr Aussehen nicht merklich. Ebensowenig gilt dies — wie ich feststellen konnte — für *Polyporus vulgaris* Fr., *P. serialis* Fr., *Paxillus acheruntius* Schroet., *Merulius silvester* Flck., *M. hydnoides* P. Henngs.

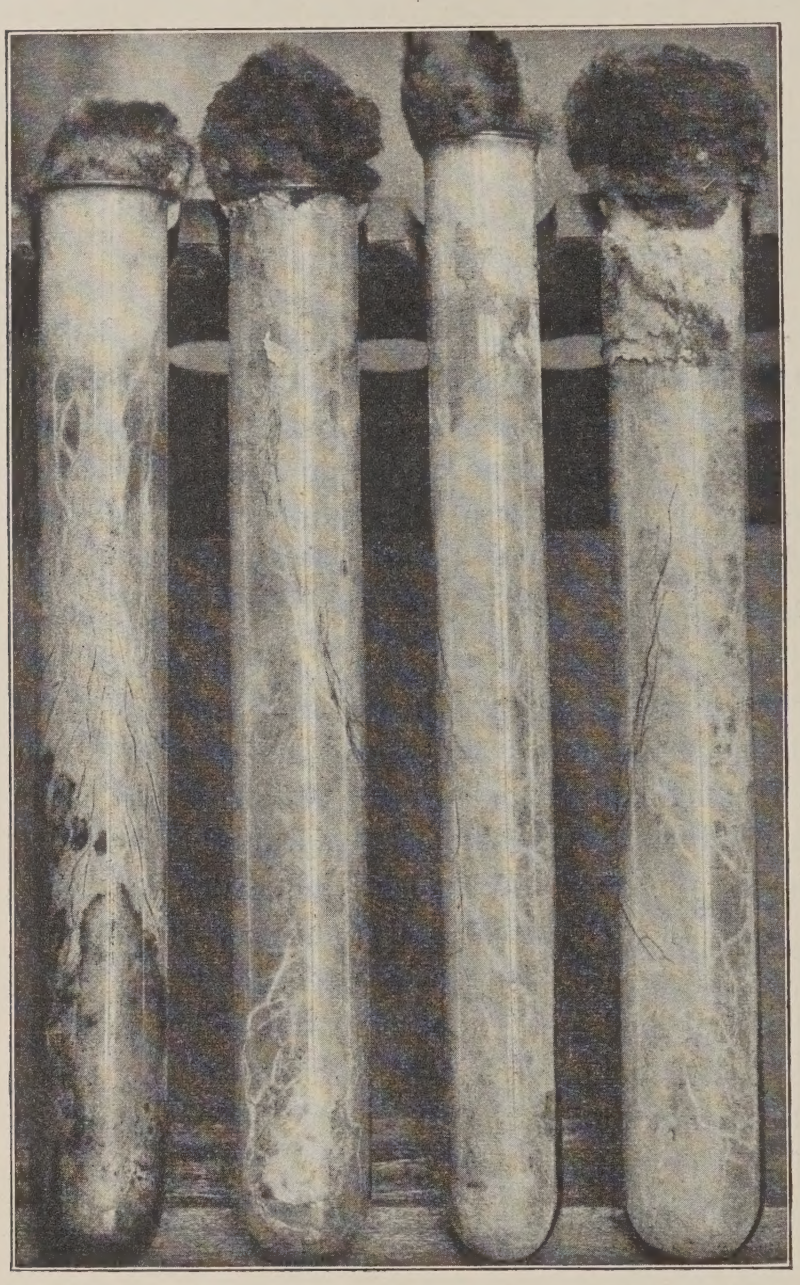


Fig. 1. *Coniophora*-Stränge, durch den Watteverschluß in Culturröhrchen anderer Pilze hineinwachsend. ($^3/_4$ n. Gr.)

Dieser sonderbare Pilz wächst bei solcher Versuchsanordnung nicht nur aus seiner eigenen Reagenzglascultur heraus, sondern überdies in die etwa daneben gestellten Culturen anderer Species hinein, sie dabei völlig überwachsend; seine Stränge kriechen durch deren Wattepfropf an der Wandung herunter und man hat schließlich in allen Gläsern nur noch *Coniophora*; vier solcher infizierten Culturen der vorher genannten Pilze sind anbei wiedergegeben (Fig. 1).

Dies Verhalten gestattet direct die Identität eines zweifelhaften Pilzes mit *Coniophora* festzustellen, einstweilen ist wenigstens keine Art mit ähnlicher Eigenschaft bekannt. Da ich nur über den Pilz einer einzigen Provenienz verfügte, habe ich die Probe auf das Exempel gemacht und die *Coniophora* des Bacteriologischen Laboratoriums von KRAL mit einer mir von Herrn Prof. MEZ freundlichst überlassenen verglichen[1]): Beide Pilze hatten, wie sich alsbald herausstellte, tatsächlich ganz dieselbe Eigenschaft, gingen also nach Einstellen ihrer Reagenzglas-Kartoffelcultur in ein mit Glasstopfen verschlossenes Cylinderglas alsbald in cremefarbenen lockeren Strängen und ebensolchen wolligen Mycelien durch den Watteverschluß üppig aus ihren Gläsern heraus.

Offenbar ist dies Merkmal in zweifelhaften Fällen, wo es sich um Constatierung von *Coniophora* und Unterscheidung von *Merulius* handelt, gleich wichtig und zuverlässig, als etwa microscopische Kennzeichen (Schnallen, Kernzahl u. a.). Voraussetzung ist allerdings, daß der kritische Pilz noch lebt, aus dem zu untersuchenden Holzmaterial also in Cultur gebracht werden kann.

Coniophora ist in sterilem Zustande, wie er ja bei Untersuchungen gewöhnlich vorliegt — auch in Reinculturen erhielt ich bislang keine Fruchtkörper —, von den obengenannten Holzpilzarten auch sonst nicht unschwer zu unterscheiden; Farbe des gut entwickelten Mycels ist in Culturen auf Kartoffeln, Papier, Würze, Zuckerlösung stets gleichmäßig hell cremefarben bis gelblich (gegen schneeweiß der übrigen), Abänderung in ausgesprochen citronen- bis fast goldgelb (so bei *Merulius*) kommt nicht vor. Dagegen kann Verfärbung in rostbraun bis schwarzbraun auftreten, das ist die Farbe der älteren Strangbildungen, wie sie sich auf Holz, auch auf den Glaswänden der Gefäße, entwickeln. Diese Farbe stimmt beiläufig ganz mit der der Decken von *Aspergillus niger*, auch der Sporenfarbe von *Merulius* überein. Die zarten in Culturen auf Holz entstehenden Strang-

1) C. MEZ hält es für nicht ausgeschlossen, daß unter dem Namen *Coniophora cerebella* bislang mehrere gute Arten zusammengefaßt werden („Der Hausschwamm", p. 164), ähnlich K. HOFFMANN l. c. (s. Note 2, p. 9), der mit drei verschiedenen Formen arbeitete. Ich muß diese Frage hier offen lassen.

bildungen von *Merulius lacrymans* sind nie braun, sondern farblos, grau bis gelblich, später erst dunkler, solche in Bauten bekanntlich — abgesehen von bestimmten Ausnahmen — stets aschfarben. Schwarzbraunen Strängen von *Coniophora* begegnet man in Bauten häufig, nicht nur auf alten Brettern, auch auf Mauerwerk, Ziegelsteinen usw., über 2 mm geht ihre Dicke (bei cylindrischem oder schwach abgeplattetem Querschnitt) selten hinaus. Braune Strangbildung besitzen freilich auch noch andere Holzpilze, die Farbe allein sagt also nichts aus. Auch alle Stränge von *Merulius* auf Kellerfußboden zeigen diese Farbe.

Mit der Tatsache, daß *Coniophora* in der stagnierenden Luft abgeschlossener Räume zu besonders kräftiger Entwicklung kommt, stimmt ihr häufiges Vorkommen unter nicht ventilierten Fußböden der Bauwerke gut überein, es ist der ausgesprochene Pilz des stickigen Raumes, zumal wenn dieser nicht völlig trocken ist. Da greift sie mit großer Schnelligkeit um sich und zersetzt Dielen wie Tragbalken mit ähnlicher Intensität wie *Merulius*. Allem Anschein nach ist sie früher gelegentlich als *Merulius* ausgegeben, obschon ihre Vegetation nur entfernt Ähnlichkeit mit der des Hausschwammes hat. Da sie hier aber gewöhnlich nicht zur Fruchtkörperbildung kommt, also hauptsächlich steriles leicht gelbliches lockeres Oberflächenmycel (— neben gelblichen bis braunen Strängen —) bildet, so scheint mir die Angabe der Literatur, derzufolge *Merulius* in Bauten gewöhnlich keine Fruchtkörper erzeugt, sehr wohl in diesem Sinne zu verstehen. Wo ich selbst gut entwickelten *Merulius* in Häusern gesehen habe, fehlten meist auch die Fruchtkörper nicht, alle mir bekannt gewordenen Fälle betreffen Keller, Souterrainräume und Parterrewohnungen, in oberen Stockwerken habe ich bislang nur *Coniophora* — die natürlich auch in Kellerräumen vorkommt — neben sonstigen Holzschwämmen beobachtet. Auch in schon ausgetrockneten älteren Häusern genügt ein Wiederzutritt von Feuchtigkeit um selbst in oberen Stockwerken schnelle *Coniophora*-Wirkungen auszulösen, in einem Falle sah ich den Pilz explosionsartig in allen drei Stockwerken in offenbarer Folge eines Wasserrohrbruches auftreten, kaum ein Jahr nach dem Wasserschaden waren die Dielen und Träger zum Durchbrechen morsch (Nadelholz); vorhanden war von ihm nur graugelbliches Oberflächenmycel in mäßig reicher Entwicklung.

Einen ähnlichen Fall habe ich schon vor Jahren kurz beschrieben, hier auch selbst irrtümlicherweise den Pilz zunächst für *Merulius* gehalten[1]), nach den mir noch heute vorliegenden Probestücken halte ich ihn trotz einiger kleiner Abweichungen für *Coniophora,* mit *Merulius* hat er jedenfalls nichts zu tun. Hier handelte es sich um einen soeben fertiggestellten Neubau größeren Umfanges (Alters- und Invaliden-Versicherung Hannover), dessen schwere Pitch-pine-Fußböden aller Stockwerke in starker Zersetzung begriffen waren, der Überzug der morschen Dielen bestand aus einem lockeren grauen bis bräunlichen Schimmel und ebensolchen feineren Strängen. Sachverständige und Gericht hatten Hausschwamm angenommen, der Bauleiter wurde verurteilt, das Objekt war, da alles Holz neu gelegt werden mußte, ein sehr erhebliches. Fruchtkörper waren hier nirgends vorhanden, dagegen fand ich auf der Dielenunterseite stellenweise, in kleinen wolligen Nestern beisammen braune Sporen, in Verbindung mit dem Mycel, die ich 1898 als Hausschwammsporen beschrieb (l. c. p. 190). In meinen mit *Coniophora* bislang nur im kleinen angestellten Culturen habe ich solche freilich noch nicht beobachtet, C. Mez (l. c. p. 91) gibt sie aber schon als zu *Coniophora* gehörig an, was auch mir wahrscheinlich ist; tatsächlich fand ich sie kürzlich in untengenannten Holzinfectionsversuchen. Vielleicht muß man zur Erlangung derselben also etwas größere Experimente ansetzen, auch *Merulius* bildete in kleinen Culturen (Reagenzgläser, Kolben) bislang nur Mycel[2]), Massenculturen auf Holz in der feuchten Kammer gaben dagegen Fruchtkörper mit Sporenbildung. Sicher spielt aber Art der Nährstoffe mit.

Noch festgestellt habe ich, daß *Coniophora* von anderen Holzarten als Nadelholz, zwar Buchenholz, aber nicht Eiche angriff; auch sonst ist sie nicht wählerisch: Leinen, Papier, Watte, auf denen sie wächst, wird zermürbt, die Wattepfropfen, durch welche sie in den oben erwähnten Versuchen hindurchwuchs, fielen ebenso wie die Papieretiketten der Röhrchen stückweise auseinander, sind also stark zersetzt; auch hier genügt ihr die

---

1) „Eine zweite Sporenform des Hausschwamms", Centralbl. f. Bakt., II, 1898, **4**, 189.

2) R. Harder beschrieb neuerdings einen *Merulius*-Fruchtkörper in einem Culturkolben (Naturw. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtsch., 1909, **7**, 428), wohl sicher eine seltene Erscheinung.

in den Gefäßen vorhandene Luftfeuchtigkeit — ohne besondere Nässe — um kräftige Wirkung zu erzielen. Die Angabe, daß dieser Pilz nur nasses Holz befällt, trifft also nicht unbedingt zu.

Solche Ansteckungsversuche lufttrockenen Holzes mit Reinculturen von *Coniophora*, von denen ich einige gelegentlich der Jahresversammlung der Vereinigung für Angewandte Botanik in Münster 1910 vorführte[1]), setzt man z. B. in der Weise an, daß in die oben genannten Cylindergläser mit eingeschliffenem Stopfen neben die Reagenzglas-Reincultur (etwa auf Kartoffel) Brettchen der betreffenden Holzarten eingestellt werden; es geht der aus seiner Cultur herauswachsende Pilz dann ohne weiteres auf diese über, überzieht sie dicht mit seinem gelblichen Mycel, das nach längerer Zeit stellenweise auch die charakteristische Braunfärbung annimmt, zumal gilt dies für die derberen Stränge, welche in reicher Verästelung die Innenwand des Glascylinders bewachsen (s. Abbildung, p. 8).

Für die Versuche verwandte ich lufttrockene vom Tischler geschnittene neue Bretter (10 : 8 cm, bei ca. 1 cm Dicke) aus Fichten-, Kiefer-, Buchen- und Eichenholz; der Pilz macht da zunächst keinen Unterschied, von den beiden letztgenannten Holzarten wird aber nur Buchenholz auch weitergehend innerlich zersetzt (morsch), dagegen Eichenholz lediglich überwachsen; ebenso geht *Merulius* auf Eichenholz über, ohne es aber selbst nach ca. 2 Jahren merklich anzugreifen. Die Versuchsstücke von Fichte und Buche waren nach dieser Zeit ziemlich gleichmäßig so mürbe, daß sie glatt mit der Präpariernadel durchstochen und mit dem Messer wie Hollundermark zerschnitten wurden; dagegen hatte das Eichenbrett trotz völligen Überwachsens durch Mycel und Stränge der *Coniophora* nichts von seiner ursprünglichen Härte eingebüßt. Die Bretter waren so dicht vom Mycel eingehüllt, daß erst durch Anschneiden die Holzarten erkannt werden konnten. Die von rückwärts aus der Reagenzglascultur erfolgende Ernährung des wandernden Mycels ist eine sehr ergiebige, in solchen Gläsern wachsen die Stränge 10 und selbst 20 cm weit an der Glaswand fort. Entfernt man jetzt den Glasdeckel, so steht die Entwicklung still, die Vegetation außerhalb des Culturröhrchens geht ein. Die Abbildung gibt zwei solcher Versuche

1) l. c. (Note 1, p. 1).

in verschiedenen Stadien wieder, Fig. 3 zeigt das Herauswuchern des Mycels durch den Wattepfropf auf die Innenwand des Glascylinders, Fig. 2 den erfolgten Übergang der Stränge auf die Holzstücke.

Bei Gebäuden liegen unterhalb der Fußböden, falls hier Ventilation fehlt, ganz ähnliche Bedingungen vor, es bedarf dann nur eines kleinen Entwicklungsherdes unseres Pilzes etwa von einer feuchten Holzstelle aus, um eine weit ausgreifende Wucherung auf der Dielenunterseite und ihren Trägern in Gang zu bringen. Daß auch da Reparaturen allein — also ohne gleichzeitige Ventilationsanlage — unsicher sind, jedenfalls sehr gründlich sein müssen, um den Pilz nicht wieder von neuem aufkommen zu lassen, bedarf keiner Frage. Gerade für ihn liegt also in der „Stickluft" das für sein schädliches Auftreten anstoßgebende Moment, bei freiem Luftzutritt sterben die Vegetationen auf und in Brettern schon nach nicht langer Zeit ab.

Coniophora-Infectionen sind neuerdings in wachsender Zahl festgestellt worden, von früheren Untersuchern sind sie kaum beobachtet; dies ist aber wohl — wie oben bemerkt — der Pilz, dessen Schäden nicht selten auf Kosten des *Merulius* gebucht wurden, daher die Meinung, daß *Merulius* in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle in Bauten keine Fruchtkörper ausbilde; *Coniophora* tritt da eben meist steril auf, ist aber in Gebäuden notorisch häufig, das ist heute sichergestellt. Acht Fälle aus der letzten Zeit notierte schon Schaffnit im Osten des Reiches[1]), auch C. Mez hat solche festgestellt (l. c. p. 165), mehrere sah ich selbst[2]), es ist also kein Zweifel, daß wir es mit einem verbreiteten Schädling der Bauten zu tun haben. Schaffnit legt noch mehr Gewicht auf die für die Entwicklung dieses Pilzes verlangte Nässe des Holzes, sie ist zweifellos begünstigend. In abgeschlossenen Räumen erzeugt er auch selbst genügend Feuchtigkeit, die in den Cylindergläsern als Tröpfchen an der Innenwand niederschlägt. Der Pilz bereitet sich so selbst seinen Boden, die Feuchtigkeit des abgeschlossenen Luftraumes wächst mit dem Umfang der Schwammvegetation, diese weiter begünstigend. Auf

1) Centralbl. f. Bact., II. Abt., 1910, **26**, 910, sowie: Jahresber. d. Vereinigung f. Angew. Botanik, **7**. Jahrg. 1909, 246 (Berlin 1910).

2) 8. Jahresber. Vereinigung Angew. Botanik, **8**. Jahrg. 1910, 184 (Berlin 1911).

die Wasserbildung durch *Merulius* ist von Mez besonders hingewiesen.

Die Tatsache, daß *Coniophora* in ihrem Vorkommen sich keineswegs auf Kellerräume beschränkt („Kellerschwamm") ist

Fig. 2. Fig. 3.

Coniophora wächst im abgeschlossenen Raum aus seinen Culturröhrchen auf danebengestellte lufttrockene Holzstücke über (s. Text p. 6). $^2/_3$ nat. Gr.

hinlänglich erwiesen, der Pilz ist da wenig wählerisch, das unterscheidet ihn gerade von *Merulius* mit seiner ausgesprochenen Vorliebe für Lokalitäten in Nähe des Erdbodens; man findet

ihn also ebensowohl im Erdgeschoß wie in oberen Stockwerken von Bauten. Bemerkenswert für die Deutung seiner Schwammfälle erscheint mir, daß P. HENNINGS[1]) diesen Pilz nur beiläufig, auch allein als Bewohner von „dumpfig-feuchten Kellerräumen" (an Holzwerk, Mauern und Erdboden zur Winterszeit) erwähnt, ihn dort „zwar als schädlich, aber das befallene Holzwerk nur in beschränkter Weise und nach längerer Zeit teilweise zerstörend" anführt, an anderer Stelle[2]) nennt H. ihn „für das Holzwerk ziemlich unschädlich". Sicher wird wohl HENNINGS auch Fälle angetroffen haben, wo dieser Schwamm Schädling in Wohnräumen war, vielleicht hat er solche dann eben auf das Conto von *Merulius* gesetzt, eine durch das Fehlen von Fruchtkörpern unterstützte Deutung, denn tatsächlich ist die Unterscheidung nicht leicht und sicher zu treffen. Daß *Coniophora* in umfangreicher Weise und kurzer Zeit Fußböden und Tragbalken vernichtet, ist außer Zweifel, ob Neubauten oder alte Häuser, bleibt sich gleich, dieser echte „Stickschwamm" nimmt das Holz überall, wo er seine Wachstumsbedingungen findet.

So erwähnt auch MEZ[3]), daß er Material dieser Pilzspecies mehrfach als Anlage bei Prozeßakten und zwar als „*Merulius*" mitbekommen habe, kennzeichnet sie übrigens zutreffend als für Begutachtung von Pilzschäden in Häusern sehr wichtig und sah sie wiederholt unter Dielen von Erdgeschoßwohnungen. Sehr wichtig und häufig auftretend nennt sie wohl zuerst MALENKOWIĆ (1906)[4]), weiterhin dann auch A. MÖLLER (1907)[5]). HARTIG[6]) und ebenso VON TUBEUF[7]) erwähnen den Pilz früher kaum, die eigentliche Würdigung beginnt erst in den letzten Jahren. Die ersten Fälle aus der Praxis sind 1910 von SCHAFFNIT[8]) genauer beschrieben, schon dieser bemängelt mit Recht die Angaben früherer Autoren, denen zufolge der Pilz nur in Kellerräumen vorkommen

---

1) Centralbl. d. Bauverwaltung, 1903, **23**, 243.

2) Hedwigia, 1902, **41** (237).

3) „Der Hausschwamm", Dresden, R. Linke, 1908, 164 u. f.

4) „Die Holzkonservierung im Hochbau", 1907, 170; auch Note 1, p. 10.

5) „Hausschwammforschungen", Jena, G. Fischer, 1907, **1**, 44.

6) „Der echte Hausschwamm", 2. Aufl., bearbeitet von C. v. TUBEUF, 1902, 100.

7) Handb. d. Techn. Mycologie, herausg. von F. LAFAR, Bd. III, 1906, 321.

8) Centralbl. f. Bact., II., 1910, **26**, 352.

solle, da er ihn selbst bereits in mehreren Fällen in oberen Stockwerken gefunden habe, wo die Balkenlagen bis auf ihre ganze Länge hochgradig zersetzt waren; das deckt sich also mit meinen Befunden. Auch SCHAFFNIT spricht seine Verwunderung aus, daß *Coniophora*-Schäden bislang nicht viel häufiger zur Beobachtung gekommen sind.

Schon 1906 hat sich MALENKOWIĆ [1]) mit dem culturellen Verhalten der *Coniophora* näher beschäftigt, sie wurde von ihm im Freien wie in Gebäuden beobachtet und als einer der verbreitetsten Holzzerstörer erklärt; anscheinend hat MALENKOWIĆ den Pilz als erster in Cultur gezogen, seine Reinculturen sind dann auch durch das KRALsche Laboratorium verbreitet worden. Derselbe gibt ebenfalls eine Reihe ernährungsphysiologischer Daten, aus denen hervorgeht, daß für diesen Pilz Ammonnitrat eine gute Stickstoffquelle, er bezüglich seiner Kohlenstoffnahrung aber wenig wählerisch ist; am besten schien d-Galactose zu sein, aber auch Dextrose (d-Glycose), d-Mannose, Maltose, Dextrin, Stärke, Cellulose verschiedener Herkunft (Baumwolle, Sulfitcellulose, Buchenholzcellulose u. a.) ermöglichten gutes Wachstum, indes Xylan, Rohrzucker minder geeignet waren, schlecht sind Arabinose und besonders Lävulose.

Es bedarf keiner Frage, daß man das Verhalten gegen C- und N-Verbindungen zur Charakterisierung und Unterscheidung auch von Holzpilzen wird heranziehen können.

Reinculturen des Pilzes gedeihen wie bei *Merulius* am besten auf festen Nährböden; Flüssigkeiten mit NH_4NO_3 als N-Quelle sind minder geeignet, die Entwicklung ist hier träge, das Wachstum erfolgt hauptsächlich submers, erst nach wochenlanger Culturdauer wird die Oberfläche erreicht, ohne stärker bewachsen zu werden. Daß Holzpilze besser auf festen Böden gedeihen, hat schon MALENKOWIĆ [1]) beobachtet; handelt es sich nicht gerade um das Studium ernährungsphysiologischer Fragen, so cultiviert man jedenfalls am besten auf gekochten Kartoffeln [2]), Würze-

---

1) Centralbl. f. Bact., II., 1906, **16**, 408. — Unrichtig ist die Darstellung bei R. FALCK (Hausschwammforschungen **3**, XXXII), derzufolge A. MÖLLER zuerst auf Coniophora hingewiesen haben soll; die Mitteilungen von MALRNKOWIĆ erschienen bekanntlich rund ein Jahr früher.

2) Schon früher von mir hervorgehoben (Centralbl. f. Bact., II, 1909, **22**, Nr. 18).

Gelatine oder -Agar, zumal Kartoffeln geben schnellwachsende üppige Vegetationen, welche durch ihre Eigenart gleichzeitig von solchen anderer Holzschwämme (*Merulius lacrymans, Polyporus vaporarius*) gut unterschieden werden können. Die Art der N-Quelle spielt dabei aber eine wesentliche Rolle, Würze ist z. B. ein gutes Substrat.

Das gilt nach einigen eigenen Erfahrungen für *Coniophora* in noch höherem Maße als für *Merulius*, der sich immerhin doch allmählich über die Flüssigkeitsoberfläche ausbreitet, während ich bei *Coniophora* in Dextrose-Nährlösung mit NH_4NO_3 fast nur submerses Mycel sah. Dies füllte hier den ganzen Kolbeninhalt aus; bei *Merulius* tritt submerse Vegetation mehr zurück, hier entsteht eine schneeweiße lockere Decke, und dann wächst dieser Pilz allmählich in eigenartiger Weise rundherum an den Gefäßwänden empor (Wirkung freiwerdender HNO_3!).

Hoffmann [1]) hat seine Versuche (in denen er auch Oberflächenwachstum sah) allerdings mit Flüssigkeiten gemacht, für den Ausfall kommt da wohl in Frage, daß er mit KNO_3 als N-Quelle arbeitete, auch gleichzeitig mit der Impfflocke kleine Teile des Nährbodens übertrug; Malenkowic tränkte sterilen Sand mit den zu untersuchenden Lösungen.

Fruchtkörper scheinen in Culturen nicht leicht zu entstehen, auch beim Auftreten in Gebäuden sind sie anscheinend selten; in einem einzigen Falle habe ich einen gut ausgebildeten Fruchtkörper auf einem feuchten morschen Balken unterhalb des Fußbodens eines Stallgebäudes gesehen (s. Fig. 4). Dem Anschein nach setzt ihre Bildung reichlichere Feuchtigkeit voraus, die in diesem Maße da, wo der Pilz in Wohnhäusern auftritt, nicht vorhanden zu sein pflegt, hier reicht es gewöhnlich nur für eine mehr oder minder ergiebige Mycelentwicklung. So leicht und schnell *Coniophora* aber aus feuchtem Holze herauszucultivieren ist, so schwer gelingt das aus bereits trockenem; gewöhnlich ist der gegen Eintrocknen empfindliche Pilz da schon tot.

Die Sporengröße maß ich hier ziemlich gleichmäßig zu 11—12: 7—8,5 μ, also ohne nennenswerte Schwankungen, sowohl

---

1) „Wachstumsverhältnisse einiger holzzerstörenden Pilze.“ Dissert., Königsberg 1910, 123.

frisch entnommen wie trocken, in Wasser präpariert; das stimmt mit früheren Angaben ziemlich gut überein, MEZ gibt 8—15 (meist 11—14) als Länge, 6—9 (meist 7—8) μ als Dicke, andere 12—14 : 7—8 μ (A. MÖLLER) allerdings auch 6—15 : 5—8 μ (P. HENNINGS). Die Form ist meist ellipsoidisch, in einigen

Fig. 4. *Coniophora cerebella* (Fruchtkörper auf Holz). $^2/_3$ nat. Gr.

Fällen sah ich freilich in denselben Präparaten auch solche mit ungleicher Ausbildung der Längsseiten (schwach bohnenförmig); worauf diese gelegentliche Abweichung zurückzuführen ist, steht dahin. Deutlicher als bei *Merulius* ist hier gewöhnlich das der bräunlichen Membran ansitzende farblose Spitzchen (Sterigmenende) sichtbar.

---

2. Der wachstumshemmende Einfluß von Gerbsäuren auf *Merulius lacrymans* in seiner Beziehung zur Resistenz des Eichenholzes gegen Hausschwamm.

(Mit 6 Textbildern.)

Die Frage, ob *Merulius lacrymans* einen Unterschied zwischen den ihm gebotenen verschiedenen Holzarten macht, wird von der neueren Literatur verneint, außer Nadelhölzern sollen auch die verschiedenen Laubholzarten — und unter diesen das der Eiche — von dem Pilz zerstört werden. Einige von mir kürzlich gesehene notorische Hausschwammfälle forderten bezüglich des Eichenholzes

zu Bedenken gegen diese Annahme auf[1]), sie waren dann der Anstoß, diese wissenschaftlich wie praktisch nicht unwichtige Frage näher zu verfolgen.

Die unternommenen Versuche haben bislang nur negative Resultate gegeben, sie zeigten zwar, daß *Merulius* auf Eichenholz mehr oder weniger gut oder schlecht wächst, es aber auch bei monatelanger Culturdauer innerlich nicht angreift, während er Fichtenholz rasch inficiert und in einigen Wochen vermorschte. Der Unterschied ist also tatsächlich vorhanden. Endgültig ist die Frage damit freilich noch nicht erledigt, der weitere Verfolg hat zu untersuchen, ob sich durch sehr verlängerte — mehrjährige — Versuchsdauer etwa eine Wirkung des Pilzes noch erzielen läßt, auch solche eventuell microscopisch zu verfolgen, weiterhin ob wesentliche Unterschiede zwischen Kern und Splint, Wurzel- und Stammholz bestehen, endlich ob auch noch irgendwelche sonstigen Momente (Fällungszeit u. a.) in Frage kommen können. Naturgemäß arbeitete ich zunächst mit dem für Bauzwecke in Betracht kommenden Kernholz. Für dieses entsteht aber schon jetzt die Frage, worin seine offenbar vorhandene Resistenz gegen die Wirkung des *Merulius* zu suchen ist. Liegt das an der besonderen chemischen Beschaffenheit der Wandsubstanz, dem festen Gefüge des schweren harten Holzes — gegen diese Momente spricht die Zersetzbarkeit durch andere Pilzarten — oder etwa an irgendwelchen specifischen Inhaltsstoffen, die dem Eindringen oder auch der enzymatischen Wirkung[2]) dieses Pilzes Widerstand entgegensetzen? Schließlich kann auch mehreres zusammenwirken. Das ist nur durch besondere Untersuchungen klarzustellen; über einen Teil derselben möchte ich hier berichten.

Eichenkernholz — nicht nur der deutschen *Quercus*-Arten — ist bekanntlich relativ reich an einer eigenartigen Gerbsäure

---

1) Resistenz des Eichenholzes gegen Hausschwamm (*Merulius lacrymans*) Ber. Bot. Ges., 1911, **31**, 704.

2) Tannin in Beziehung zu Enzymen überhaupt ist wiederholt discutiert (Brown und Morris, Vinson, Green, Gerber, Ascher, — Diastase, Invertin, Oxydase, Pepsin, Myrosin). Außer Zellwand-lösenden (Cytase, Hadromase) bildet *Merulius* noch eine Reihe anderer Enzyme (Diastase, Protease u. a.), Czapek, Ber. Bot. Ges. 1899, **17**, 166. Kohnstamm, Dissert., Erlangen 1900, u. Beihefte Botan Centralbl., 1901, **10**, 115. Über Enzyme bei Holzpilzen: R. Hartig, Hjort, Bourquelot und Hérissey.

(„Gerbstoff“ der Literatur), es war also vor allem das Verhalten des Pilzes gegen solche Gerbsäuren zu prüfen, ich habe zunächst Gallusgerbsäure (Tannin) neben Gallussäure zur Untersuchung herangezogen. Tatsächlich erwies sich da, daß *Merulius* gegen beide sehr empfindlich ist. Ich schicke hier zunächst die das Eichenholz betreffenden Literaturangaben vorauf.

Schon in der weiter zurückliegenden Literatur wird das Verhalten des Hausschwamms gegen Eichenholz wiederholt erwähnt, allerdings — soweit mir bekannt — nirgend genauer behandelt. Von eigenen Infectionsversuchen spricht früher nur R. Hartig[1]), doch lediglich unter summarischer Anführung der Ergebnisse. Man hat bei Durchsicht der Literatur im ganzen den Eindruck, daß die ältere, wie mir scheint, zutreffendere Ansicht allmählich der entgegengesetzten gewichen ist, wohl insbesondere auf Grund der Autorität von R. Hartig und P. Hennings. Späterhin scheint dann nur Malenkowić[2]) die Frage durch eigene Experimente geprüft zu haben. Die Darstellungen in der neueren Hausschwamm-Literatur räumen dem Holz der Eiche keinerlei Sonderstellung ein.

Fritzsche[3]) sagt 1866 in seiner Abhandlung über den Hausschwamm wörtlich: „Der Schwamm erscheint unter übrigens ganz gleichen Umständen nicht an jeder Holzart gleich schnell, kräftig und üppig, und zwar vorherrschend an den mit harzigen Säften durchdrungenen Hölzern, weit seltener an den überwiegend wässerige Säfte in sich führenden; am seltensten beim Eichenholze, während andere Laubhölzer, wie die Buche, Aspe und Weide weit häufiger der Schwammbildung unterliegen, am öftesten beim Nadelholz und zwar vorzugsweise bei der Tanne und Fichte, minder häufig bei der harzreichen Kiefer.“ Schauder[4]) streift 1877 die Frage nur beiläufig, ausführlicher berührt sie Göppert[5]) 1885. Nach ihm bevorzugt *Merulius* das Nadelholz, „es ist aber zweifellos, daß er auf seinem Zerstörungswege auch Eichenholz

---

1) „Der echte Hausschwamm“, 1. Aufl., Berlin 1885, 10.

2) „Die Holzconservierung im Hochbau“, Wien 1907, 108.

3) „Vollständige Abhandlung über den Hausschwamm“, Mitt. Sächsisch. Ingenieur-Ver., Dresden 1866, 4. Heft, 7.

4) „Über den Hausschwamm“, Dissert., Breslau 1879, 34.

5) „Der Hausschwamm, seine Entwicklung und Bekämpfung“, herausgegeben von Th. Poleck, Breslau 1885, 8.

nicht verschont". Unter dem Eindruck einer von GÖPPERT selbst mitgeteilten Beobachtung von GEBBERT in Konitz modificiert ersterer seine Auffassung um etwas, wenigstens will seine weitere Ausführung das doch wohl besagen: „Hieraus möchten wir den Schluß ziehen, daß wie im hiesigen Museum, der *Merulius* sich zunächst im Kiefernholz entwickelt und aus demselben seine Nahrung gezogen, und sein Mycelium in der weiteren Entwicklung und Verbreitung sich gleichsam nur mechanisch an das Eichenholz angelehnt hat, oder wenigstens, wie dies aus der Praxis bekannt ist, das Eichenholz sich als weit widerstandsfähiger gegen die Angriffe des Hausschwammes verhält." GEBBERT hatte ihm nämlich mitgeteilt, daß in einem näher geschilderten Falle der Pilz „die kiefernen Lager eines Fußbodens gänzlich zerstört hatte, wogegen der eichene Belag nur vom Schwamm ergriffen war" (soll wohl heißen, daß dieser nur vom Schwamm bewachsen war?). Beiläufig gerade das Umgekehrte von dem weiterhin zu schildernden Fall, wo die Eichenlager intact, der auf ihnen ruhende Nadelholzfußboden selbst aber zerstört war (s. p. 17).

Im gleichen Jahre tritt R. HARTIG (l. c. p. 10) dem sehr bestimmt entgegen: „Künstliche Infectionen von gesundem Eichenholze gelangen mir vollständig und außerdem hatte ich wiederholt Gelegenheit, Eichenholz, z. B. Eichenparkettböden durch Hausschwamm völlig zerstört zu finden, so z. B. in einem parterre gelegenen Saale des Schleißheimer Schlosses bei München." Näheres über diesen Punkt hat HARTIG meines Wissens aber nirgends veröffentlicht; vielleicht steht diese Auffassung von der leichten Zerstörbarkeit gerade des Eichenholzes mehr unter dem Eindruck seiner Arbeiten über die Zersetzung dieser Holzart durch andere Pilze [1]).

Dieselbe Meinung vertritt 1891 GOTTGETREU [2]) in seiner Bearbeitung der BAUMGARTENschen Studien; der Hausschwamm „zerstört in gleicher Weise jede beliebige Holzart, und es ist ein Irrtum, wenn viele Techniker behaupten, daß Laubhölzer, namentlich aber das Eichenholz, vom Hausschwamm verschont bleiben; sehr häufig haben eichene Parkettböden, nachdem die fichtenen

1) „Die Zersetzungserscheinungen des Holzes der Nadelbäume und der Eiche", Berlin 1878. — Ebenso „Lehrbuch der Baumkrankheiten", 2. A., Berlin 1889, 191.

2) „Die Hausschwammfrage der Gegenwart", Berlin 1891, 14.

Blindböden zuerst zerstört sind, vom *Merulius lacrymans* sehr zu leiden", und noch schärfer drückt sich 1891 P. HENNINGS[1]) aus, indem er wörtlich sagt: „Es ist hervorragend das Holz der Nadelbäume, der Kiefer, Fichte, Tanne, Lärche, wohl selten das der Laubhölzer, und unter diesen nur das der Eiche, welches durch Hausschwammycel angegriffen und zerstört wird." Schon VON TUBEUF[2]) und MEZ[3]) ist letzteres als irrig erklärt, beide heben jedoch hervor, daß neben dem Holz der Birke, Erle, Pappel, Buche, Ulme, Faulbaum- und Mahagoniholz[4]) auch solches der Eiche vermorscht wird, und zwar macht VON TUBEUF da keinen Unterschied zwischen Splint und Kern.

Besondere Versuche scheinen aber von keinem der genannten Autoren angestellt zu sein, jedenfalls ist nicht darüber berichtet.

Soweit mir die neuere Literatur bekannt, findet man auf einen Unterschied der einzelnen Laubholzarten erst wieder bei MALENKOWIĆ (l. c.) hingewiesen, diesem zufolge besitzt Eiche einen gewissen Grad von Immunität, vollständig soll sie aber keineswegs sein, denn der Autor hält es für unvermeidlich, daß bei Zerstörung eines Blindfußbodens durch Hausschwamm auch der darüber liegende Eichenparkettboden in Mitleidenschaft gezogen wird.

Diese Annahme scheint mir allerdings nicht zutreffend, ich führe demgegenüber folgende Fälle einer mehrjährigen (3—4jährig) notorischen *Merulius*-Vegetation an, in denen der Nadelholzblindboden zersetzt, der auf ihm liegende Eichenparkettboden zwar dicht bewachsen, aber völlig gesund war[5]).

1. Zwei Parterreräume eines älteren Wohnhauses (Emmerich a. Rh.), allen Anzeichen nach gelegentlich einer ca. 4 Jahre vorher infolge von „Trockenfäule" unternommenen Fußbodenreparatur

---

1) „Der Hausschwamm", Berlin 1891. 19.—. Fast möchte ich in der Angabe HENNNIGS einen den Sinn umkehrenden Druckfehler vermuten.

2) In R. HARTIG, „Der echte Hausschwamm", 2. Aufl., Berlin 1902, bearbeitet von C. v. TUBEUF; s. auch TUBEUF, „Beiträge zur Kenntnis des Hausschwammes", Centralbl. f. Bacter. II., 1902, 2, 132.

3) „Der Hausschwamm und die übrigen holzzerstörenden Pilze" Dresden 1908, 196.

4) Mahagoni- und Ulmenholz wären wohl einmal nachzuprüfen. (Vgl. Ausfall dieser Prüfung weiter unten p. 40.)

5) Diesen Fall habe ich bereits a. a. O. mitgeteilt (s. p. 13, Note 1).

angesteckt, waren in hohem Maße schwammkrank, der Pilz konnte sich nach seiner ersten Constatierung noch 2 Jahre in den unbewohnten Räumen ungestört weiterentwickeln und war während dieser ganzen Zeit unter und zwischen den Parkettholzern in dichter Vegetation vorhanden. Fußleisten wie Blindboden waren auf große Strecken völlig morsch, an ihnen und auf der Oberfläche des Eichenbodens zahlreiche Fruchtkörper, teilweise großen Umfanges (bis 1 m im Durchm.). Alles Eichenholz unter- wie oberhalb (hier direkt unter den Fruchtkörpern) war unangegriffen, fest und hart wie neues Holz. Der Fall erscheint mir so beweiskräftig, daß er anbei im Bilde wiedergegeben sein mag. Fig. 1 zeigt das eine der beiden Zimmer vor Aufbruch,

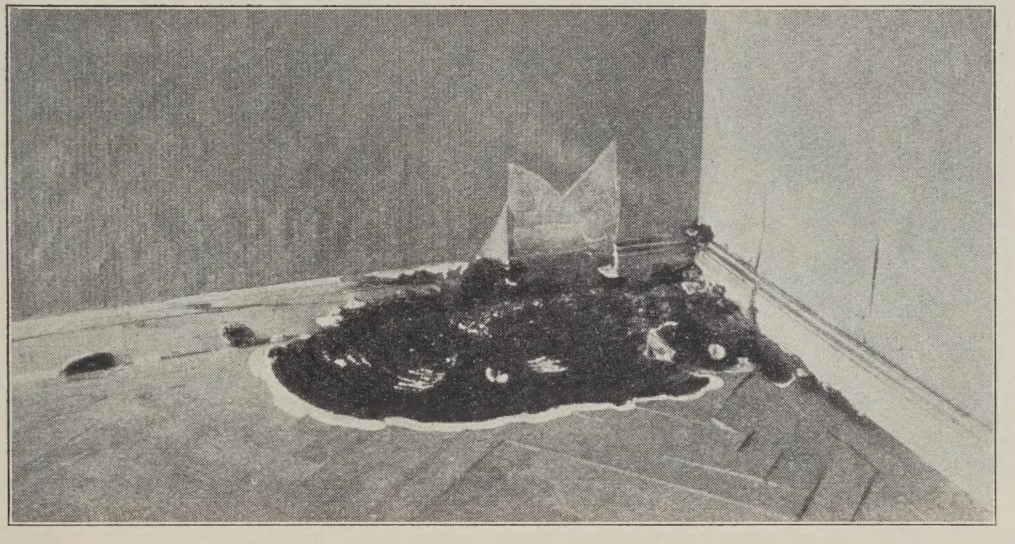


Fig. 1. *Merulius* auf Eichenparkett in einem Parterrezimmer. Zimmer Nr. 1, mit großem Fruchtkörper (stark verkleinert).

Fig. 2 das andere nach Aufbruch des Parkettbodens; hier sieht man die Reste des zerbrochenen Blindbodens neben den unveränderten, mit grauen *Merulius*-Häuten bewachsenen Eichenbrettchen.

2. In diesen Zimmern waren die 80jährigen Eichenbalken, auf denen der Blindboden direkt auflag, ebenfalls gesund und fest, trotzdem an ihnen dichte graue *Merulius*-Häute bis in die aus Kies bestehende Fußbodenfüllung herabwuchsen und der in morschen Stücken abbrechende pilzdurchsetzte Blindboden sie unmittelbar berührte. Stück eines solchen Eichenträgers mit den aufsitzenden völlig vermorschten Nadelholzresten ist in Fig. 3 wiedergegeben. Es ist hier absichtlich derjenige Teil eines Trägers,

welcher auf der in Kies verlegten Unterseite ausnahmsweise sog. „Trockenfäule“ zeigte, abgebildet; Oberseite also hart und gesund, Unterseite angemorscht, nach Ausweis der noch ansitzenden Rindenreste entsprach letztere dem Splint. Immerhin offen bleibt bei Zersetzung des letzteren die Mitwirkung des *Merulius*.

Ein weiterer ähnlicher Fall betraf die sich physiologisch wie *Merulius* verhaltende *Coniophora cerebella* Alb. et Sch. Hier war „Schwamm“ gleichfalls infolge umfangreicher Reparaturen in

Fig. 2. *Merulius* auf Eichenparkett in einem Parterrezimmer. Zimmer Nr. 2, nach Aufreißen des Parkettbodens. Intacte, pilzbewachsene Eichenbretter neben den Resten des völlig zersetzten Blindbodens (Nadelholz).

mehreren Zimmern aufgetreten (Colmar i. E.), nach 2 Jahren waren Lagerbalken samt Blindboden (beides Nadelholz) stark zersetzt, das vom Pilz bewachsene Eichenparkett aber unversehrt. Schon früher wies ich experimentell nach[1]), daß auch *Coniophora* Eichenholz zwar bewuchs aber selbst in 2 Jahren nicht vermorschte.

Der genannte in Emmerich beobachtete Fall ist nun gerade deshalb bemerkenswert, weil hier nicht nur die Art des Pilzes zweifellos sichersteht, sondern auch die Einwirkungsdauer auf das Holz ziemlich genau bekannt ist; hier war rund 3jähriges

1) „Zur Biologie von *Coniophora cerebella*“ (Mycol. Centralbl., 1912, **1**, 24), s. oben p. 1.

Bewachsen der Parkettunterseite und Träger (diese mit oben genannter Ausnahme) ohne jede nachweisbare Wirkung.

Ob diese beiden Pilze Eichenholz nun schließlich noch nach Jahren oder unter ganz bestimmten Umständen, oder etwa ein Holz von abweichender Beschaffenheit, überhaupt zersetzen können, will ich ganz dahingestellt sein lassen, einstweilen erscheint mir jede Eichenholzzerstörung in Bauwerken von vornherein nicht als *Merulius*- oder *Coniophora*verdächtig; genauer Nachweis bleibt jedenfalls zu führen. Fälle von Parkettzerstörungen sind nicht häufig, sie verdienen genauer untersucht zu werden, man darf sie nicht kurz als „Schwamm" oder „Hausschwamm" abmachen [1]). Solchen Angaben gegenüber, und das bezieht sich

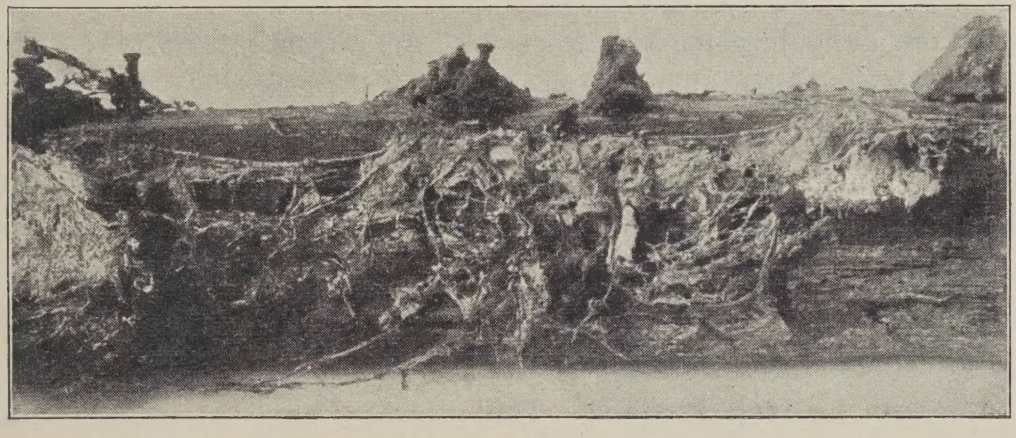


Fig. 3. Stück eines der Eichenlager mit ansitzenden *Merulius*-Häuten, oben Reste und Nägel des zerstörten Blindbodens auf dem unveränderten Eichenholz, unten partielle „Trockenfäule" (s. Text).

auch auf die frühere oben genannte Literatur, ist ein gewisses Maß von Skepsis angebracht.

Keineswegs verläuft aber nach früheren Angaben R. Hartigs [2]) die Zersetzung des Eichenholzes durch Pilze überhaupt so ganz langsam; für *Hydnum diversidens* Fr. z. B. berechnete derselbe das Mycelwachstum im künstlich inficierten Holzkörper

1) Aus dem morschen Eichenfußboden eines alten westfälischen Hauses cultivierte ich einen braune Stränge bildenden nicht bestimmbaren Holzpilz. Einen Fall von Zersetzung jüngeren Bauholzes teilte mir Herr Dr. H. Wissmann freundlichst mit, der Schwamm hatte hier die Eichenholzbekleidung der Wasserleitung (Chem. Institut der Universität Straßburg) vermorscht; es war ein echter auch in Culturen gut gedeihender *Polyporus* mit korkgelben Fruchtkörpern.

2) „Zersetzungserscheinungen des Holzes", 1878, p. 97 u. 116.

stehender Bäume zu ca. 20 cm pro Jahr, und die Zeit, binnen welcher der Übergang aus dem gesunden in den morschen, total zersetzten Zustand eintrat, zu etwa 2—3 Jahren; für *Polyporus igniarius* Fr. ergab sich die Verbreitungsgeschwindigkeit peripher zu ungefähr 2 cm, in der Längsrichtung zu etwa 4 cm jährlich.

Es sind hier aber zwei Dinge scharf auseinander zu halten: Das bloße äußerliche Bewachsen einer Holzart durch den Pilz, und die tatsächliche innere Zersetzung, beide gehören nicht notwendig zusammen, oft ist nur ersteres vorhanden; will man auch dies „Ansteckung" nennen, so ist das in gewissem Sinne zwar zutreffend, genau genommen aber doch nicht richtig, die Wirkung der Ansteckung fehlt, und damit auch das eigentliche Wesen der Erscheinung. So unterscheidet man ja auch zwischen dem bloßen Nährwert und der Gärfähigkeit eines Substrats, etwa gegenüber einer Hefenart. *Merulius* überwächst gleich *Coniophora* ihm gebotenes Eichenholz mehr oder minder gut, nutzt also auch in derartigen Culturen wohl die oberflächlich gebotenen Nährstoffe, die gerade diese Holzart in parenchymatischen Zellen noch relativ reichlich bietet, er mag auch in bescheidenem Maße in die Gefäße derselben eindringen, doch übt er keine nachweisliche oder auffällige Wirkung auf die Zellwände, d. h. die eigentliche Holzsubstanz. Und dieser Punkt ist es, der noch einer Klärung bedarf. Soweit ich die Sache zurzeit übersehe, stehen aber schon dem reichlichen Eindringen seiner Hyphen in den Holzkörper Schwierigkeiten entgegen, allem Anschein nach chemisch-physiologischer Art.

Es ist von vornherein verlockend, hierbei der Gerbsäure des Holzes eine gewisse Rolle zuzuschreiben, characterisiert der relativ hohe Gehalt an ihr doch diese Holzart vor vielen anderen. Allerdings dürfen Gerbsäuren keineswegs als streng pilzwiderige Mittel angesehen werden, im Gegenteil ist die leichte Schimmelfähigkeit von Tanninlösungen hinreichend bekannt, durch Pilzwirkung werden selbst solche stärkerer Concentration (Galläpfelextracte) unter Bildung von Gallussäure (zur technischen Darstellung dieser aus Tannin vorgeschlagen) zersetzt. Angesichts der nototorische Unterschiede in der Empfindlichkeit der verschiedenen Pilzspecies sagt das aber wenig aus, über *Merulius* speciell ist hinsichtlich seines Verhaltens gegen den „Gerbstoff"

der Botaniker noch nichts bekannt. Der Sammelname Gerbstoff umfaßt bekanntlich eine Mehrzahl chemisch verschiedener Stoffe.

Die Eichenholzgerbsäure[1]) ist weder mit der der Galläpfel, noch mit jener der Rinde identisch, alle drei sind aber nahe verwandt, übrigens verschieden von einer Reihe von „Gerbstoffen“ anderer Pflanzenarten. Bestimmte Angaben über den Gerbsäuregehalt des Eichenholzes, der ja selbst wieder nach Fall und Umständen schwanken muß, habe ich in der Literatur nicht gefunden, für die Rinde werden 5—20%[2]), für Galläpfel ein

1) Zur Chemie sei hier bemerkt, daß Eichenholzgerbsäure mit Tannin (Galläpfelgerbsäure, Gallusgerbsäure) und Eichenrindengerbsäure insofern näher verwandt ist, als alle drei Abkömmlinge der Digallussäure, dem Anhydrit der Gallussäure (= Trioxybenzoesäure, $C_7H_6O_5$) sind, die außer anderen Zersetzungsprodukten auch in ihrer Gesellschaft aufzutreten pflegt. Diese Säure nebst ihren Derivaten ist also in gewissem Sinne das eigentlich Wirksame des hier als Gerbsäure oder „Gerbstoff“ zusammengefaßten Gemenges.

Die Holzgerbsäure scheint eine Methyldigallussäure (Digallussäure-Methylester, $C_{15}H_{16}O_{11}$), Tannin soll dagegen im wesentlichen Digallussäure-Anhydrit(?) — nach früheren ein Glycosid — sein, ähnlich die Rindensäure. Neuere Feststellungen sind da erwünscht, die Meinungen gehen stark auseinander, das ist für unsere Betrachtung auch ohne Belang. „Gerbstoff“ ist ebensowenig ein bestimmter chemischer Begriff wie etwa Bitterstoff; Gerbstoffe anderer Pflanzen sind also etwas vom Eichengerbstoff Verschiedenes, wie schon Reinitzer früher hervorhob (Ber. Botan. Ges. 1889, **7**, 187). Zur Verbreitung und Chemie vergl. man Czapek, Biochemie der Pflanzen, 1905, **2**, 569 u. f. — Euler, Pflanzenchemie I., 1908, 97—99. — Nierenstein in Abderhalden, Biochemisches Handlexicon, 1910, **7**, 1. Hälfte, 7 (wo Eichenholzgerbsäure nicht genannt ist), — Wehmer, Pflanzenstoffe, 1911, 137.

2) Die Rinde enthält je nach Alter u. a. 5—8, auch 16—20 %, Spiegelrinden i. M. 12 %; rotes Quebrachoholz von *Schinopsis Lorentzii* (Gris.) Engl. 18—20 % „Gerbstoff“; Mangroverinden 20—50 %. Die Zahlen sind wohl immer auf Trockensubstanz zu beziehen, für die frischen Organe also niedriger anzusetzen.

Als Pilznährstoffe kommen im Eichenholz Stärke, Zuckerarten (Rohrzucker, Dextrose, Galactose), reichlich Pentosane (darunter Xylan und Methylpentosane), Salze der Weinsäure, Äpfelsäure, Fett usw. in Frage. Zweifelsohne sind Kern und Splint, Schaft-, Zweig- und Wurzelholz da ebenso verschieden wie etwa ein und derselbe Stammteil zu den verschiedenen Jahreszeiten und bei verschiedenen Exemplaren. Für genaue Versuche ist zuvor die Holzbeschaffenheit festzustellen (Analyse). Das von mir benutzte Kernholzmuster enthielt sowohl in den mikroskopischen wie den breiten Markstrahlen noch vielfach mit Stärke gefüllte Zellen und Zellgruppen, die an Quer- wie Radialschnitten mit Jod sogleich hervortreten.

Vielfaches davon (bis 60%) angegeben; Kastanienholz (*Castanea vesca*) soll 7–8% enthalten, ähnlich darf man vielleicht den des älteren Eichenkernholzes schätzen. Allerdings bestimmte ich in einem diesbezüglich unternommenen orientierenden Versuch das Extrahierbare meines Holzes zu kaum 4%, davon ist nur ein Teil Gerbsäure[1]).

Holzgerbsäure ist im Handel nicht erhältlich, die Versuche mußten also mit dem Handelstannin (aus Gallen), d. h. der Gallusgerbsäure oder Galläpfelgerbsäure und mit Gallussäure, dem Spaltproduct und gewöhnlichem Begleiter jener beiden, angestellt werden. Da es sich bei diesen dreien um chemisch sehr nahe verwandte Stoffe handelt, darf eine — auch durch meine Versuche bestätigte — ähnliche Wirkung angenommen werden. Beide Substanzen wurden in steigenden Dosen einem guten Substrat zugesetzt, als solches gilt für *Merulius* Stärkekleister (mit Nährsalzen), Würzeagar und Würzegelatine, letztere scheidet wegen der Fällbarkeit durch Tannin allerdings aus. Flüssige Nährlösungen wurden also vermieden, auf festen Substraten wächst der Pilz ungleich schneller als auf flüssigen; schon in wenigen Wochen ist in Controllculturen mit größeren Erlenmeyerkolben die Oberfläche mit einer üppigen Vegetation bedeckt, die zunächst rein schneeweiß, späterhin aber zum großen Teil fast regelmäßig schön citronengelb gefärbt ist. Solche Verfärbung tritt übrigens ganz normal in gut wachsenden reinen Culturen auf, ist also nicht etwa, wie das mehrfach angenommen wird, Folge störender Momente[2]). Impfung der im strömenden Dampf sterilisierten watteverschlossenen Kolben fand in üblicher Weise mit Mycel aus ein und derselben Reincultur in nicht zu reichlicher Menge statt (weizenkorngroße Flocke).

Das Wesentliche meiner Resultate läßt sich kurz dahin zusammenfassen, daß gewöhnlich schon 0,5—1% beider Stoffe

1) 46,180 g lufttrockenes neues Eichenkernholz in Stücken wurden ca. 1 Woche lang mit 8mal je 500 ccm dest. Wasser ausgekocht. Die Auszüge lieferten eingedunstet 1,750 g eines braunschwarzen lackartigen Extracts, also rund 3,8 %. Die harten Holzstücke konnten nur unvollständig zerkleinert werden, gepulvertes Holz liefert voraussichtlich erheblich mehr an Wasserlöslichem. Fichtenholz sollen so ca. 12% zu entzogen werden (Klason, Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Fichtenholzes, 1911), eine Zahl, die mir recht hoch erscheint.

2) Die bezüglichen Angaben bei R. Falck (Meruliusfäule, p. 83) sind unrichtig.

auf die *Merulius*-Entwicklung von deutlich störendem Einfluß sind, durch eine Beigabe von 1—2 % wird sie völlig verhindert. Im einzelnen sind da noch kleine Unterschiede vorhanden, je nach Stoff und Nährboden. Bei Verwendung von Stärkekleister ist die Entwicklungsstörung bereits bei 0,5 % in die Augen fallend, das Wachstum der Impfflocke ist kümmerlich und erheblich langsamer als in den ohne Zusatz angestellten Controllculturen, bei 1 % und darüber meist gleich Null; auf Würzeagar hat 0,5 % Gallussäure wenig Einfluß; hier werden auch 1 % noch vertragen, oberhalb liegt aber die Grenze (2 %). Kleine Unterschiede bestehen zwischen der Wirkung von Gallussäure und Tannin. Tannin wirkt schädlicher, im ganzen stimmen beide bezüglich der wirksamen Dosen aber überein. Der nachteilige Einfluß dieser Substanzen schon in relativ geringen Gaben ist also erwiesen. Das Resultat der unten genauer geschilderten Versuche sei hier kurz zusammengestellt:

Merulius-Entwicklung in Reincultur bei Zusatz von Gallussäure und Tannin.

<table>
<tr><th rowspan="2">Zusatz
(g auf ccm.)
%</th><th colspan="2">I. Gallussäure</th><th colspan="2">II. Tannin</th></tr>
<tr><th>1. Stärkekleister + Nährsalze</th><th>2. Würzeagar</th><th>1. Stärkekleister</th><th>2. Zuckergelatine</th></tr>
<tr><td>0
0,1
0,25</td><td rowspan="2">Wachstum</td><td rowspan="2">gutes Wachstum</td><td rowspan="2">Wachstum</td><td rowspan="2">Wachstum</td></tr>
<tr><td>0,5</td><td>langsames Wachstum</td><td>Wachstum langsam und kümmerlich</td></tr>
<tr><td>1,0</td><td>auch in Wochen fast Null</td><td>Wachstum langsam doch kräftig</td><td>Wachstum fast Null oder ganz ausbleibend</td><td>zunächst Wachstum, dann Stillstand (0,5—3 %)</td></tr>
<tr><td>2,0
2,5
3,0</td><td rowspan="2">kein Wachstum</td><td rowspan="2">kein Wachstum</td><td rowspan="2">kein Wachstum (3—10 %)</td><td rowspan="2">träge Entwicklung, dann Stillstand (4—5 %)</td></tr>
<tr><td>4,0
5,0
10,0</td></tr>
</table>

Demgegenüber kommt es auf diesen selben Nährböden auch bei 5—10 % Tanninzusatz (höher hinauf wurde nicht geprüft)

noch zu einer verhältnismäßig schnellen und umfangreichen grünen Schimmelentwicklung (*Penicillium*-Species), sobald nach Abnahme des Wattepfropfens der Luftinfection ausgesetzt wird.

Auf einem Zuckergelatinenährboden vermag aber selbst ein Tanninzusatz von 5 % noch nicht die Entwicklung des *Merulius* zu verhindern. Damit wird bewiesen, daß durch Ausfällung des Tannins (als Eiweißverbindung) eben der störend wirkende Stoff entfernt wird. Die weitere Entwicklung auf der mit 0,5—5 % Tannin versetzten Gelatine war allerdings zögernd und verhältnismäßig dürftig.

Hiernach müßte bei gleicher Wirkung der Holzgerbsäure ein Gerbsäuregehalt des Eichenholzes von 1 % schon verhängnisvoll, ein solcher von 2 % aber direkt ausschließend auf *Merulius* wirken, vorausgesetzt, daß die Gerbsäure darin gleichmäßig verteilt ist, was nicht immer der Fall ist; die Hauptmenge ist oft in Markstrahlzellen abgelagert. Immerhin wäre es verständlich, daß die gegen diesen Stoff empfindlichen Hyphen nicht allzu ergiebig in den Holzkörper eindringen. Gerade die Markstrahlen bergen in ihrem Gehalt insbesondere an Stärke auch das für den Pilz Wertvolle. Gerbsäureärmeres Holz (Splint usw.) könnte sich schon anders verhalten, man müßte selbst annehmen, daß Auslaugen des leicht wasserlöslichen Stoffes von Einfluß sein wird. Diesen Versuch habe ich gemacht, ausgekochtes Holz wurde in sonst ganz gleich angeordneten Versuchen (Watteverschluß, Sterilisieren, Impfung) mit ungekochtem verglichen, überdies noch der Extract selbst auf seine etwaige entwicklungshemmende Wirkung in sonst guter Nährlösung geprüft.

Das Resultat scheint mir zugunsten der Annahme zu sprechen [1]). Tatsächlich gedeiht der Pilz um ein Vielfaches besser auf ausgekochtem Eichenholz; in den Culturen entsteht hier in kurzem ein das ganze Holz dicht umspinnender *Merulius*-Rasen,

---

1) Dabei muß noch berücksichtigt werden, daß Auskochen auch wasserlösliche Nährstoffe (Salze, Stickstoffverbindungen z. T.) entfernt, andererseits freilich die Stärke der Markstrahlzellen weitgehend verkleistert, also leichter angreifbar macht.

Wie oben schon erwähnt, ist auch älteres Kernholz nicht stärkefrei, vielfach findet man in den Markstrahlen dicht mit Stärkekörnern gefüllte Zellen. Auf die anatomischen Verhältnisse komme ich beim mikroskopischen Verfolg der Infektion noch zurück.

während die Controllversuche nur träge spärliche sich locker über die Holzstücke ausbreitende zarte gelbliche Stränge aufwiesen (Fig. 4 u. 5). Es hat die Extraction des Holzes also offenbar ein besseres Bewachsen durch *Merulius* zur Folge; ob nun in deren Folge auch eine faktische Zersetzung, bleibt abzuwarten, ich möchte diese Culturen nicht vor definitivem Abschluß störend unterbrechen, sie haben ein Alter von einigen Monaten, sollen aber wenigstens noch ebensolange wachsen. Durch sie wird die Frage,

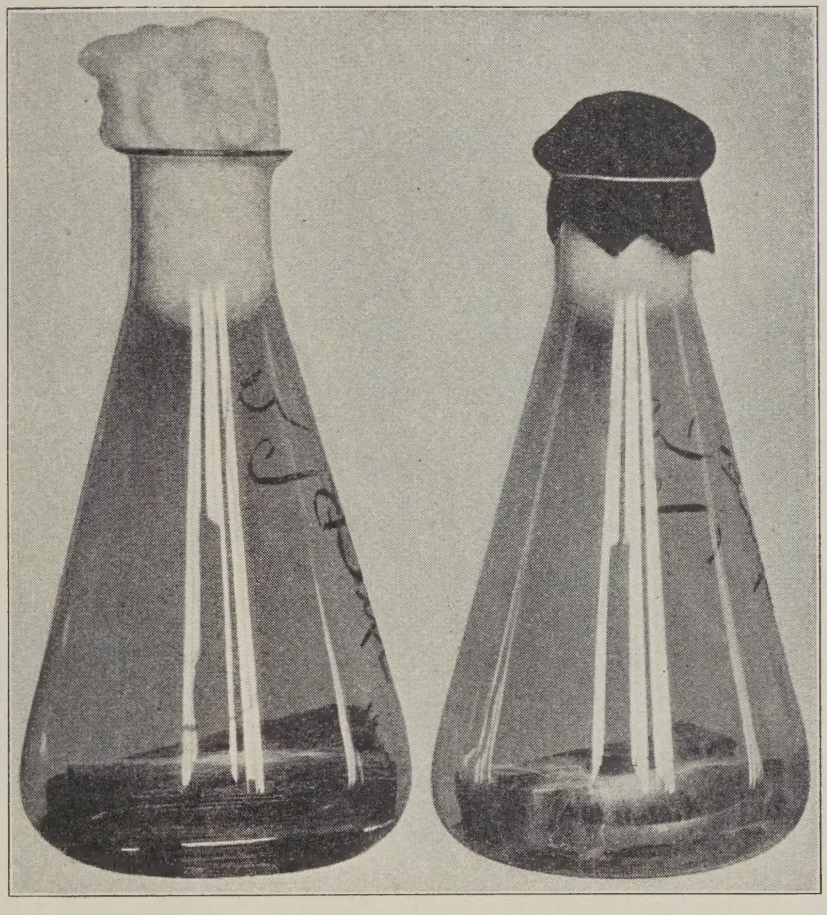


Fig. 4. *Merulius* auf nicht ausgekochtem Eichenholz, in feinen dürftigen Strängen sich ausbreitend (ca. $^1/_2$).

ob als zersetzungshinderndes Moment allein die Gerbsäure in Betracht kommt, zu entscheiden sein.

Zum Vergleich gibt Fig. 6 das Bild einer *Merulius*-Vegetation auf Zuckerlösung.

Es konnte aber bereits festgestellt werden, daß dem wässerigen Holzauszuge eine erhebliche entwicklungsstörende Wirkung zukommt. Sowohl bei Zucker- wie bei Gelatinezusatz entstand darauf aus der ausgesäten Impfflocke in Reincultur nur

eine sehr träge und relativ kümmerliche *Merulius*-Vegetation als dicht aufliegendes Häutchen. Ob noch sonstige Inhaltsstoffe des Holzes dabei mitwirken, bleibt natürlich offen.

Schließlich müßte auch Nadelholz durch eine Gerbsäuretränkung resistent gegen *Merulius* gemacht werden können — eine „Immunisierung" von vielleicht praktischer Bedeutung für gewisse Zwecke[1]) — dem entspricht auch der Ausfall einiger in dieser

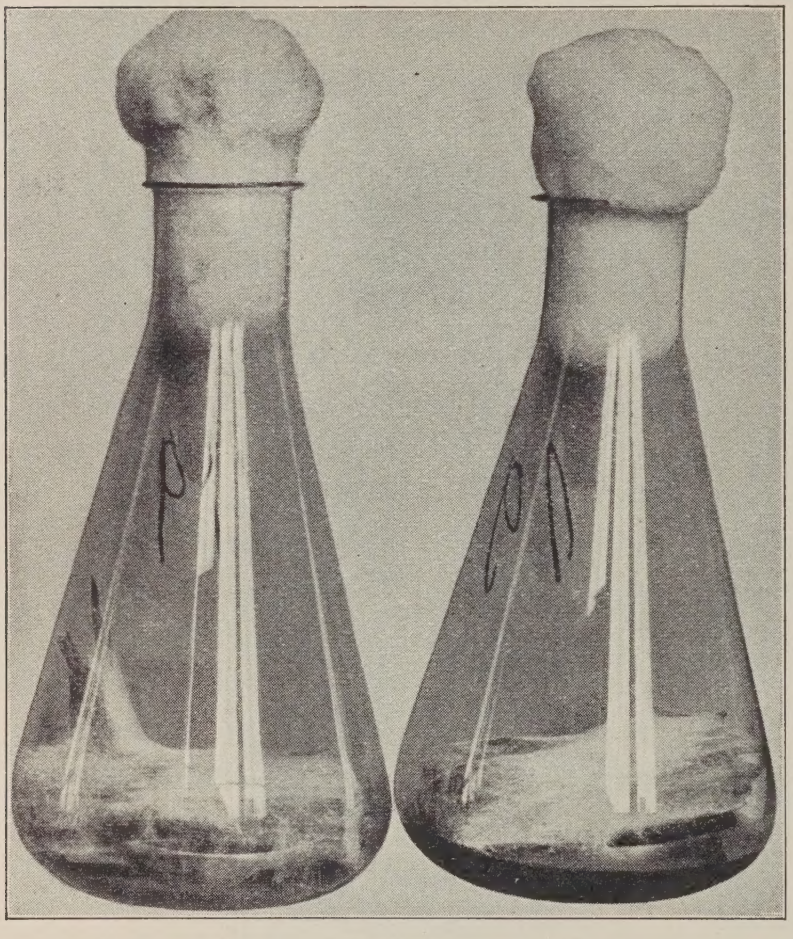


Fig. 5. *Merulius* auf ausgekochtem Eichenholz, dasselbe mit gelblichen Mycelien und feinen Strängen gleichmäßig überziehend (ca. $^1/_2$).

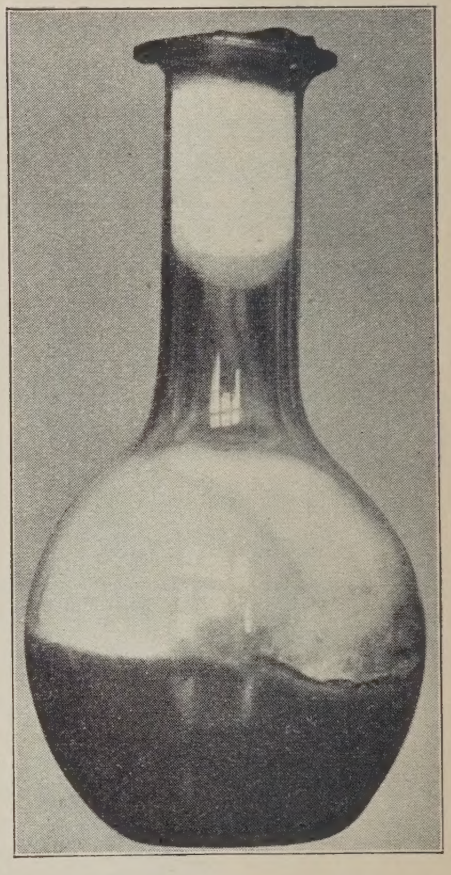


Fig. 6. *Merulius lacrymans* auf Zuckerlösung cultiviert. Watteartiges Mycel einer älteren Cultur an den Gefäßwänden emporsteigend (ca. $^1/_2$).

Richtung angestellten Versuche mit 2 % iger Tanninlösung. Auf solchem Holz wächst der Pilz ebensowenig an, wie auf Tanninkleister gleicher Concentration.

---

1) Das Mittel entspricht allerdings den meisten an ein Hausschwammittel gestellten Anforderungen; es ist farb- und geruchlos, nicht hygroscopisch oder flüchtig, verschlechtert die technischen Eigenschaften der Faser nicht, greift sie nicht an, erhöht auch die Feuersgefahr nicht; nur der Preis ist relativ hoch, auch macht seine Löslichkeit es auswaschbar, was zwar für Innenräume nicht in Frage kommt.

Es sei hier zunächst das Detail der Versuche wiedergegeben. Für alle gilt constante Zimmertemperatur von ± 20° und Tageslicht.

Experimentelles.

I. Versuche mit Tanninzusatz.

Das verwendete Tannin war das käufliche rohe Präparat, leicht wasserlösliches gelbliches, lakmusrötendes Pulver; es wurde den Versuchen in Concentrationen von 1—10% zugewogen und mit den Nährböden im strömenden Dampf dreimal je 20 Minuten an 3 verschiedenen Tagen sterilisiert[1]). Als Nährboden Stärkekleister und Gelatine, unter üblichem Watteverschluß. Impfung überall gleichmäßig mit einer circa weizenkorngroßen Flocke *Merulius*-Mycel aus ein und derselben Reincultur auf Kartoffel (Reagenzglascultur).

1. Stärkekleisterversuche.

a) 5 Kolben mit je 100 ccm eines homogenen festen Kleisters aus 100 ccm Wasser und 10 g Kartoffelstärke, als Nährsalze 0,5% des Gemisches von Ammonnitrat (1 Teil), prim. Kaliumphosphat (0,5 Teile) und krist. Magnesiumsulfat (0,25 Teile). Die einzelnen Kolben erhielten außerdem:

Nr. 1	mit 1	g	Tannin	(1	%)
„ 2	„ 2,5	„	„	(2,5	%)
„ 3	„ 5	„	„	(5	%)
„ 4	„ 5	„	„	(5	%)
„ 5	„ 10	„	„	(10	%)

Stärkere Tanninzusätze wirken auf den Kleister bei der Sterilisation teilweise verflüssigend, so daß gleichmäßiges Erstarren nur in Nr. 1 und 2 stattfand. Da auch Dextrine guter Nährboden für *Merulius* sind, lasse ich diesen Umstand außer Rechnung, die Tanninwirkung wird dadurch nicht beeinträchtigt.

Resultat: In den Kolben Nr. 3—5, also mit 5—10% Tanninzusatz, fand ein Anwachsen der Aussaat nicht statt, auch wiederholtes Nachimpfen war ohne Erfolg. Nach rund 12 Wochen waren sie noch unverändert ohne jede Vegetation.

Dagegen kam die Aussaatflocke in Nr. 2 zu einer ungemein langsamen kümmerlichen Entwicklung; es entstand allmählich ein kleines gelbliches Polster auf der Oberfläche, das nach 12 Wochen knapp ½ cm Durchmesser hatte. In Nr. 1 war die Entwicklung etwas besser, die Impfflocke wuchs schließlich zu einem oberflächlichen lockeren hellen Hyphenbeleg aus, der nach 12 Wochen noch dürftig und nur rund 4 cm Durchmesser zeigte. Beide Vegetationen waren reiner *Merulius*.

---

1) Hier wäre mit einer partiellen Zersetzung des Tannins zu rechnen (Hydrolyse).

In gleichzeitig angesetzten Controllculturen war lange vor dieser Zeit die ganze Substratoberfläche von einem an den Glaswänden emporsteigenden dichten schneeigen, teilweise intensiv citronengelb verfärbten *Merulius*-Rasen bedeckt.

b) Wiederholung der gleichen Versuche in genau derselben Ausführung (100 ccm Stärkekleister usw.), mit dem alleinigen Unterschiede, daß nur einmal 20 Min. im Dampf sterilisiert wurde, wodurch auch die Verflüssigung vermieden wird. Auch hier wurde das Tannin vorher in dem zur Verkleisterung benutzten Wasser gelöst. Hier Impfung mit linsengroßem Mycelstück aus gut wachsender Würze-Agar-Cultur. Zusätze:

Nr.	1	Tannin-Zusatz	0,5 % (0,5 g)
„	2	„	0,5 % (0,5 „)
„	3	„	1.0 % (1 „)
„	4	„	1,0 % (1 „)
„	5	„	2,0 % (2 „)
„	6	„	2,0 % (2 „)

Verlauf: Im wesentlichen wie vorher. Nach 5 Tagen zeigen die Impfflocken in Nr. 1 und 2 langsame Entwicklung neuer Hyphen, in den übrigen Versuchen ist noch kein Anwachsen bemerkbar. Nach 4 Wochen sind Nr. 3—6 ohne Vegetation, in Nr. 1 und 2 hat sich ein zartes gelbliches Mycel kümmerlich entwickelt. —

Die etwas stärkere Wirkung der Gaben von 1—2 % könnte hier auf die schonendere Behandlung (nur einmaliges Sterilisieren) der zersetzlichen Tanninlösung zurückgeführt werden.

Hiernach hemmte ein Tanninzusatz von über 1% die *Merulius*-Entwicklung auf Stärkekleister ganz, schon 1% wirkt sehr nachteilig und läßt auch nach langer Zeit keine normale Vegetation aufkommen, stark verzögernd wirkt bereits $^1/_2$ %.

2. Gelatineversuche.

5 Kolben mit je 100 ccm einer 10%igen Gelatine, der außerdem 3% Dextrosezucker und Mineralsalze wie vorher zugesetzt waren. Auf diesem Boden wächst *Merulius* nach Ausweis der Controllculturen sehr gut. Zusätze von Tannin in Menge von 0,5—5 %.

Diese Zusammensetzung hat den Übelstand, daß Fällungen auftreten, auch das Erstarrungsvermögen der Gelatine wird durch die Erhitzung mit Tannin fast vernichtet. Das eingebrachte Tannin fällt gutenteils als Eiweißverbindung wieder aus. Ich habe die Versuche trotzdem aus anderen Gründen durchgeführt:

Nr.	1	Zusatz	von	0,5 g	Tannin	(0,5 %)
„	2	„	„	1 „	„	(1 %)
„	3	„	„	2 „	„	(2 %)
„	4	„	„	3 „	„	(3 %)
„	5	„	„	4 „	„	(4 %)
„	6	„	„	5 „	„	(5 %)

Resultat: Anwachsen der Impfflocke fand hier bereits nach Verlauf weniger Tage in Nr. 1—4 statt (mit 0,5—3% Tanninzusatz), das ausgesäete Mycelstückchen entwickelte feine helle Hyphen auf seiner Oberfläche und wuchs dann zu einem hellen oder gelblichen *Merulius*-Polster aus, das nach 3 Wochen ca. 1 cm Durchmesser hatte; gleiches fand in Versuch 5 und 6 statt, nachdem hier noch einmal nachgeimpft war — dies wurde in keinem Versuche, wo die erste Impfflocke versagte, unterlassen.

In allen 6 Versuchen ergab sich weiterhin aber die bemerkenswerte Tatsache, daß auch nach Verlauf von rund 8 Wochen die *Merulius*-Vegetation kaum Fortschritte gemacht hatte, es war überall nur ein 2—3 cm im Durchmesser haltender gelblicher Mycelrasen an der Gefäßwand vorhanden, der sich nirgends über die ganze Oberfläche ausbreitete. Es hat den Anschein, als ob hier alsbald irgendwelche störenden Umstände hindernd werden; solche könnten durch die Pilzvegetation selbst geschaffen werden.

Die entwicklungshemmende Wirkung des Tannins wird also durch Gegenwart eiweißartiger Körper (Ausfällung desselben) zunächst aufgehoben, wobei Anwesenheit des zugesetzten Zuckers dem Pilz die Entwicklung ermöglicht.

II. Gallussäureversuche.

Die Gallussäure wurde als reine Kristallmasse den Nährböden zugewogen, und zwar in zwei Versuchsreihen sowohl dem oben benutzten Kartoffelstärkekleister wie einem gutnährenden Würzeagar (3% Agar, Brauereiwürze auf $^1/_4$ verdünnt), übrige Ausführung ganz wie vorher (Sterilisieren, Watteverschluß, Impfung).

1. Mit Stärkekleister.

Versuchsreihe mit 7 Kolben, je 100 ccm Stärkekleister (10 % Stärke) mit Ammonnitrat-Nährlösung (5 ccm = entsprechend ungefähr 1 % des Salzgemisches), Watteverschluß, im Dampf sterilisiert, Impfung mit Mycelflocke.

Es hatte:

Nr.	1	keinen Gallussäurezusatz	
„	2	Zusatz von 0,1 % (0,1 %)	Gallussäure[1])
„	3	„ 0,25 % (0,25 %)	„
„	4	„ 0,5 % (0,5 %)	„
„	5	„ 1,0 % (1,0 %)	„
„	6	„ 2,0 % (2,0 %)	„
„	7	„ 3,0 % (3,0 %)	„

1) Gallussäure ist in reinem Wasser bei 20° schwer löslich; für die Versuche wurde in heißem Wasser gelöst, eine Wiederabscheidung aus den erkalteten Nährböden war nicht sichtbar.

Zur Controlle wurde ermittelt, daß reines dest. Wasser bei 20° weniger als 2 % in Lösung behält (genau 1,31 %). 100 ccm Wasser lösten beim

Der Kleister wurde unter der Säurewirkung bei der Sterilisation teilweise verflüssigt (Nr. 4—7), weiterhin entwickelte sich allmähliche Verfärbung ins Braune.

Verlauf: Nr. 1—3 wuchsen alsbald ziemlich gleichmäßig an, etwas zögernd Nr. 4, der hinter ersteren auch weiterhin zurückbleibt; nach 3—4 Wochen haben sich auf der Oberfläche dieser ersten 4 Versuche grauweiße bis gelbliche Mycelpolster von einigen Centimeter Durchmesser gehildet, in Versuch 5—7 ist noch keine Vegetation vorhanden; erst nach 6 Wochen Spur einer Vegetation auf Nr. 5, auf Nr. 6 und 7 nichts.

1% Gallussäure wird hier vom Pilz also nicht mehr vertragen, bei 0,5% war das Wachstum zwar verlangsamt aber sonst gut.

2. Mit Würzeagar.

a) Drei Kolbenversuche à 100 ccm auf $^1/_4$ verdünnte Brauereiwürze und 3 % Agar. Das ist für *Merulius* nach Ausweis von Controllversuchen ein sehr geeigneter Nährboden, auf dem der Pilz bald zu üppiger Entwicklung kommt. Zusätze in:

Nr.	1	mit	0,5 g	Gallussäure	(0,5 %)
„	2	„	1,0 „	„	(1 %)
„	3	„	2,0 „	„	(2 %)

Resultat: Bei 2 % Gallussäure war auch nach 6 Wochen kein Anwachsen der Aussat festzustellen, bei 1 % begann dies sehr langsam erst nach ca. 7 Tagen, bei $^1/_2$ % bereits nach 3 Tagen. In Versuch 1 bildete sich dann ein üppiges schneeweißes, teils canariengelbes ausgebreitetes Mycel von normalem Aussehen, in Nr. 2 war die Weiterentwicklung träger, aber sonst normal.

Somit verhindert hier 2% Gallussäure die *Merulius*-Entwicklung, 1% verzögerte sie merklich, $^1/_2$% war kaum von Wirkung, hier wuchs der Pilz sogar mit bemerkenswerter Intensität, ebenso war das zwar langsamer wachsende Mycel auf dem 1%igen Gallussäureagar von kräftigem gesunden Aussehen; es breitete sich in diesen Versuchen allmählich über die ganze Oberfläche aus.

Erhitzen (nicht in der Kälte!) 0,5 g und eben auch noch 1 g, ohne daß Wiederabscheidung beim Erkalten eintrat. Von 2 g, in 100 ccm kochendem Wasser gelöst, schieden sich beim Erkalten und längerem Stehen wieder 0,69 g in feinen Kristallen ab (Wägung nach Abfiltrieren und Trocknen). Die krist. Säure enthält 1 Mol. Kristallwasser.

b) Wiederholung der gleichen Versuchsanstellung (2 Erlenmeyer-Kolben) Zusätze:

Nr. 1 mit 0,5 g Gallussäure (0,5 %)
„ 2 „ 0,5 „ „ (0,5 %)

Resultat: In beiden Versuchen kam die Pilzentwicklung rasch in Gang. Das Ergebnis stimmt also mit dem vorigen. Nach ca. 2 Wochen war die Oberfläche beider Kolben mit einer kräftigen schneeigen *Merulius*-Decke bewachsen.

Bei Verwendung von Würzeagar wirkt $^1/_2$ % Gallussäure nicht störend, auch 1 % wird noch leidlich ertragen (auf Stärkekleister cultiviert war der Pilz gegen diese Dosen merklich empfindlicher); dagegen schließen auch hier 2 % Gallussäure die Entwicklung aus. Fast auffällig ist die gute Entwicklung des üppig wachsenden Pilzes bei Zusätzen von 0,5 % Gallussäure.

III. Versuche mit Eichenholz.

Verwendet wurde neues Holz (Kern), wie es vom Tischler verarbeitet wird, in entsprechend zugeschnittenen Stücken (ca. 5 × 1 × 1 cm), so daß sie durch den mäßig weiten Hals der Glaskolben bequem eingebracht werden konnten. Die weitere Behandlung war ganz wie die eines beliebigen Nährbodens, also Watteverschluß und Sterilisierung im Dampfcylinder für ca. 20 Minuten usw. Impfung genau wie oben aus der Kartoffelreincultur mittels Platinnadel, unter üblichen Vorsichtsmaßregeln. Das Holz war vorher mit Wasser getränkt, um Austrocknen zu vermeiden war der Boden einige Millimeter hoch mit Wasser bedeckt, auch die Wattestopfen entsprechend fest eingesetzt (zeitweise mit Gummikappe).

Vergleich von normalem mit vorher ausgekochtem Holz.

1. Gewöhnliches Holz.

2 Kolbenversuche, Kolbengröße ca. 250 ccm. Culturdauer 12 Wochen.

Resultat: Die Aussaatflocke kam in beiden Versuchen langsam zur Entwicklung, wuchs auch im Verlauf der Wochen zu einer unverkennbaren, doch spärlichen, reinen *Merulius*-Vegetation heran. Die Entwicklung erfolgte in Form zarter, gelblichweißer, dicht anliegender Stränge, die sich locker allseitig über die Holzstückchen langsam ausbreiteten; nach 12 Wochen war eine relativ schwache Vegetation des Pilzes vorhanden (Fig. 4, S. 147), das Holz dem Aussehen nach physikalisch unverändert.

2. Ausgekochtes Holz.

a) Zwei gleiche Versuche mit demselben Holzmuster, die Stücke wurden hier jedoch vor Versuchsanstelluug ca. $^1/_2$ Stunde in kochendem Wasser (500 ccm) ausgelaugt. Sonst genau wie oben behandelt.

Resultat: Die Entwicklung der Aussaatflocke ging merklich schneller von statten als auf dem nicht ausgelaugten Holz und führte zu einem völligen Überwachsen der Stücke mit feinen gelblichen Luftmycelien und Strängen. Nach Schätzung war die Vegetation nach 8 Wochen circa dreimal so stark und umfangreich als in Nr. 1 (s. Fig. 5, p. 26).

b) Zwei Versuche mit anderem Holzmuster, das wiederholt mit Wasser ausgekocht war (Anordnung wie vorher).

Resultat: Schon nach 2 Wochen hat sich in beiden Kolben ein gelbliches, gut wachsendes Mycelpolster von mehreren Centimetern Durchmesser gebildet, das allseitig über das Holz ausgreift. Nach 4 Wochen sind alle Holzstücke mit einem dichten hellen *Merulius*-Rasen überzogen.

c) Zwei Controllversuche dazu mit gleichem Holzmuster, nicht ausgekocht.

Resultat: Die Aussaat wächst träge an, nach gleicher Zeit ist in beiden Versuchen nur ein Mycelpolster von 1—2 cm Durchmesser vorhanden. — Der Unterschied zwischen b und c ist noch erheblich auffälliger als der zwischen 1 und 2a.

Auf ausgekochtem Eichenholz kommt der Pilz also alsbald zu einer ansehnlichen Entwicklung.

3. Abkochung von Eichenholz.

Der in Nr. 2a gewonnene Auszug des Holzes von mittelbrauner Farbe wurde noch besonders geprüft, indem zwei Portionen (je 100 ccm) einmal mit 5% Dextrose, das andere Mal mit 5 % Gelatine versetzt und unter Watteverschluß im Kolben sterilisiert wurden; Impfung wie vorher. Hier war die Tanningelatine äußerlich von normaler Beschaffenheit.

Resultat: In beiden Versuchen war die Entwicklung sichtlich träge, besonders auf der Tanningelatine. Hier war nach 8 Wochen erst ein ca. 2 cm Durchmesser haltendes, der Oberfläche dicht aufliegendes zartes Mycel von gelblichweißer Farbe gebildet, die Gelatine im Umfange desselben ca. 2 cm rundherum leicht verflüssigt. Auf bloßer Gelatine ist dagegen die Entwicklung um ein Vielfaches schneller. — Auf dem zuckerhaltigen Extrakt war nach gleicher Zeit die Oberfläche mit einem gleichmäßigen, dicht anliegenden, lockeren, hellen Mycel voll bedeckt, dieses aber gleichfalls merklich dürftiger, als auf bloßen Zuckerlösungen, auch ohne Luftmycelien. Nach 12 Wochen war das Mycel auf der Gelatine nicht wesentlich größer geworden, diese dagegen zur Hälfte verflüssigt.

Der Eichenholzauszug übt also offenkundig einen verzögernden Einfluß auf die *Merulius*-Entwicklung aus, anderer-

seits wächst der Pilz merklich besser auf dem extrahierten Holz als auf nicht extrahiertem.

IV. Versuche mit Tannin-getränktem Fichtenholz.

Hierzu wurden die Probestückchen lufttrocknen Fichtenholz (neues Tichlereiholz) mit einer 2%igen Lösung des oben benutzten Tannins kochend getränkt (auf 600 ccm dest. Wasser 12 g Tannin), langsam bei 30° getrocknet, dann wieder mit Wasser angefeuchtet und im Kolben wie oben nach Sterilieren unter Watte mit Reincultur beimpft. Zwei Versuche.

Resultat: Nachdem die ersten Aussaaten nicht angegangen waren, mußte zweimal nachgeimpft werden, erst da entwickelte sich ein sehr zartes gelbliches Mycel auf der Impfflocke. Es griff jedoch nicht weiter um sich, war auch noch nach 10 Wochen so dürftig, daß es in beiden Fällen kaum über 1 mm Ausbreitung hinausging. Infectionsversuch also rein negativ.

Somit ist die Wirkung des Tannins zunächst gänzlich abhängig von der besonderen Pilzart; während Zusätze von knapp 1% das Aufkommen von *Merulius* schon ausschließen, bieten solche von 10% gewöhnlichen Schimmelformen (*Penicillium*-Species) einen sehr günstigen Entwicklungsboden; nicht anders liegt es mit der Gallussäure, selbst in gesättigten reinen Lösungen (ca. 1%) dieser Säure erscheinen bei mangelndem Schutz gegen Luftinfection alsbald ansehnliche Schimmelbildungen, eine Tatsache, die direkt zur Prüfung des Nährwertes für solche Fälle auffordert; dagegen wird *Merulius* auch auf besten Substraten durch diese Dosis gehemmt. Die Tatsachen sind nicht auffällig, bezüglich des Tannins auch nicht neu und gerade in letzter Zeit durch eine exacte Arbeit von Cook und Taubenhaus[1]) an der Hand zahlreicher Versuche erhärtet. Von den verschiedenen Pilzspecies, welche diese Untersucher prüften, erwies sich ein großer Teil schon gegen Gaben von erheblich unter 1% empfindlich, andere vertrugen bis 32%; zu diesen gehörte zumal *Penicillium olivaceum* Wehm., auf dessen Keimung, Wachstum und Sporenbildung Gaben von bis 2% direkt anregend wirkten, indes gerade eine andere *Penicillium*-Species (*P. italicum* Wehm.) zu den empfind-

1) M. T. Cook und J. J. Taubenhaus, „The relation of parasitic fungi to the contents of the cells of the host plants (I. The toxicity of tannin)". (Delaware Colleg. Agricult. Experim. Stat., 1911, Bull. Nr. 91, 67 pp., 10 T.). — Frühere Angaben von Zschokke, J. Behrens, Weidemann u. a. sind citiert in Ber. D. Bot. Ges. 1914, **32**, 211.

lichsten zählte. Einander sehr nahe stehende Arten können also ganz verschiedenes Verhalten zeigen. Von einem gewissen Einfluß war auch die Art des Nährbodens, nicht die Dosis allein bestimmte den Grad der Giftwirkung. Die Verfasser berühren in der Discussion (l. c. p. 60) kurz die Frage nach dem verschiedenen Verhalten von Kern- und Splintholz überhaupt, ihrer Auffassung zufolge ist Tannin eben ein Schutzmittel gegen Pilzinfection; man wird diese Frage aber kaum bei so allgemeiner Fassung mit Erfolg behandeln können, es ist auch keineswegs bei allen Holzarten der Kern widerstandsfähiger, nicht selten ist es, wie schon Tubeuf betonte, umgekehrt, was auch die Verfasser selbst hervorheben. Hier müssen Experimente gerade mit specifischen Holzschwämmen gemacht werden, entscheidend scheint mir da nicht der Tanningehalt überhaupt, sondern die physiologische Eigenart des Pilzes, der offenbar entweder „tannophil“ oder „tannophob“ sein kann.

Cook und Taubenhaus geben bei dieser Gelegenheit eine kurze Übersicht der „Gerbstoff“-Frage, die im ganzen ja reicher an Speculationen als an sicheren chemischen Daten ist; der dort aufgenannten Literatur ließe sich noch manches hinzufügen, es werden hier aber zum ersten Male zahlreiche Angaben über Wirkung der als Tannin zu bezeichnenden Substanz auf die Entwicklung von Pilzen gemacht; der „Gerbstoff“ der Literatur ist bekanntlich etwas sehr dehnbares. Selbst über den noch am besten bekannten Gerbstoff, eben jenes Tannin, sind trotz vieler chemischer Untersuchungen die Acten noch keineswegs geschlossen, denn E. Fischer und Freudenberg[1]) zeigten kürzlich, daß gereinigtes Tannin keineswegs Digallussäure, sondern voraussichtlich eine Verbindung von Glycose mit Digallussäure (Penta-Digalloylglycose) ist, somit tatsächlich, und in Übereinstimmung mit älteren Angaben, bei Hydrolyse Zucker abspaltet. Das käufliche Handelsproduct enthält allerdings mancherlei Verunreinigungen (Gallussäure u. a.), von denen die reine Substanz bei ihrem amorphen Character schwer zu trennen ist. Wie es da mit der Holzgerbsäure speciell der Eiche steht, bleibt zunächst ganz offen.

---

1) Über das Tannin und die Synthese ähnlicher Stoffe (Ber. Chem Gesellsch., 1912, **45**, 915—936).

Die störende Wirkung der Gerbsäure und Gallussäure auf *Merulius* ist offenbar eine specifische, sie hängt mit der besonderen Art dieser Stoffe — beide sind Phenolderivate — nicht etwa mit deren bloßen sauren Reaction zusammen, denn unser Pilz ist freien Säuren gegenüber keineswegs sehr empfindlich, Ansäuern seiner Zuckernährlösungen stört ihn nicht[1]), er kommt selbst auf Lösungen freier organischer Säuren (3 % iger Citronensäure) mit Nährsalzen noch zur Entwicklung. Nach Cook (l. c.) wirkte allerdings Natriumtannat minder stark[2]), schließlich beträgt die Acidität des Tannins aber nur $^1/_{10}$ der der Gallussäure[3]). Den Versuch, nun etwaige Beziehungen zwischen der chemischen Constitution der Gerbsäure und ihrer Wirkung zu construieren, darf man füglich übergehen, zeigt doch schon das Wachstum von *Penicillium* auf 10—30 % igen Tanninlösungen, wie wenig aus solchen Momenten, solange wir den specifischen Chemismus der Pilzart nicht kennen, für die Betrachtung gewonnen wird; nicht die Chemie des Stoffes, sondern der Organismus ist das Entscheidende, von seiner Eigenart hängt die Empfindlichkeit ab — eine *Citromyces*-Art sah ich auf gesättigter Lösung freier Oxalsäure (ca. 10 %) wachsen[4]) — gerbsaure Substrate sind für nicht wenige Organismen gerade ein günstiger Boden. Ähnliches zeigen ja auch verwandte Fälle: Alcoholische, milchsaure, stark saure Flüssigkeiten überhaupt sind für sehr viele Pilze und Bacterien ganz ungeeignete Substrate, aber regelmäßig werden sie von einer besonderen Flora besiedelt; auf Nährlösungen mit der bacterienfeindlichen Milchsäure erscheinen mit der Sicherheit eines chemischen Experimentes *Oidium* und *Mycoderma*-Arten, das Product der Alcoholgärung zieht Essigbacterien an, in stark sauren Zuckerlösungen treten unfehlbar ganz bestimmte acidophile Schimmelformen auf (*Penicillium luteum, Aspergillus niger,*

1) v. Tubeuf setzte seinen Culturen direkt 3 % Citronensäure zu (Centralbl. f. Bact., II, 1902, 9, 130). Mineralsäuren wirken jedoch anders.

2) Von ähnlicher Wirkung wie Gerbsäure ist — wie ich früher zeigte (Note 1, p. 36) — Maleïnsäure (aber nicht die isomere Fumarsäure!); als freie Säure wirkte sie antiseptisch, als Alkalisalz war sie ein (schlechter) Nährstoff. — Es sei auch auf die ungleiche Wirkung der Benzoesäure und ihrer verschiedenen Oxysäuren (Salicylsäure, Gallussäure, Chinasäure) hingewiesen.

3) E. Fischer und K. Freudenberg, l. c., 922.

4) Chem.-Zeitung, 1909, Nr. 147.

Citromyces[1]), concentrierte zuckerreiche Maischen werden regelmäßig milchsauer. Hierher gehört auch die unausbleibliche „Verschimmelung“ von Tanninlösungen durch ganz bestimmte, noch wenig studierte *Penicillium*-Species. Besondere chemische Bedingungen haben eine Auswahl der Pilzflora zu Folge, dahin rechnet wohl ebenfalls die Erscheinung, daß am Holz noch stehender Eichen gerade bestimmte Pilzarten („Eichenschwämme“) ganz regelmäßig aufzutreten pflegen.

So sind *Daedalea quercina* Pers., *Polyporus frondosus* Schrad., auch wohl *Fistulina hepatica* Fr. fast nur Bewohner dieser Holzart, während andere — *Polyporus sulfureus* Fr., *P. igniarius* Fr. z. B. — trotz besonderer Vorliebe für Eichenholz auch noch andere Laubholzarten (Buche, Kern- und Steinobstarten) — aber kaum Nadelholz — heimsuchen; gegenüber der scheinbar garnicht wählerischen und Nadel- wie Laubholz (auch Eiche) angreifenden *Armillaria mellea* Fl. Dan. stehen bekanntlich viele Holzschwämme, die nie an Eichenholz vorzukommen scheinen. Ob sie auf diesem Substrat nicht gedeihen, bliebe zu prüfen. In die physiologische Gruppe dieser, welche also Eichenholz im allgemeinen auch wohl nicht zersetzen, darf man *Merulius* und *Coniophora cerebella,* vielleicht ebenso den *Polyporus vaporarius* der Literatur, stellen[2]). Daß für Besiedelung einer Holzart ihr etwaiger Gehalt an besonderen physiologisch wirksamen Stoffen ausschlaggebend mitspricht, ist an sich klar[3]), natürlich entscheidet

---

1) C. Wehmer, Säure-liebende Pilze. (Beiträge zur Kenntnis einheimischer Pilze, II., 1895, Heft II, S. 140.)

2) Einige hierher gehörige Tatsachen findet man bei Mayr („Die Aufzucht eßbarer Pilze im Walde“, Naturw. Zeitschr. f. Forst- und Landwirtschaft, 1909, **7**, 278 u. 279) gelegentlich seiner interessanten Mitteilungen über den in Japan auf Eichenholz für Speisezwecke gezüchteten *Agaricus Shiitake*. Bei den in Deutschland vom Verf. angestellten Züchtungsversuchen wurden inficierte Prügel von Buchen, Birken und Hainbuchen der ganzen Länge nach in eine weiße brüchige Masse verwandelt, bei Eichen drang das Mycel nur bis in den äußeren Kern, ähnlich freilich bei Nadelholz, das überhaupt nur schwach infiziert wurde. Ebenda wird mitgeteilt, daß zufolge Mimura *Armillaria edoides* in Japan als Nährsubstrat Eichenholz braucht (nur Splint), *Tremella fuciformis* dagegen Nadelholz. Auch *Lenzites* greift zufolge der Literatur Eichenholz anscheinend überhaupt nicht an.

3) „Holz“ nehme ich hier also lediglich als totes Substrat, keineswegs sollen damit die bekannten engen Beziehungen zwischen Wirt und

er noch nicht darüber, ob die Substanz eines solchen Holzes nun auch enzymatisch von dem betreffenden Pilz zersetzt wird. Das ist eine andere Frage. Eine Parallele zwischen *Daedalea quercina* Pers. und *Merulius lacrymans* ist lehrreich, beide besitzen offenbar kräftig wirkende zellwandlösende Enzyme, trotzdem verhält letzterer sich dem gleichen Substrat gegenüber neutral, er läßt es intakt, selbst wenn er einmal darauf zur Entwicklung kommt. Genauerer Verfolg wäre dankbar.

Man hat da drei Fälle, es würde das Verhältnis folgendes sein:

	Zersetzt durch		
	Merulius	*Daedalea*	*Armillaria*[1])
1. Fichte und andere Nadelhölzer	+	?	+
2. Buche	+	?	+
3. Eiche.	—	+	+

Immunität des Eichenholzes gegen *Merulius* wie Disposition derselben Holzart für *Daedalea* würden auf Rechnung ein und desselben Holzbestandteils zu setzen sein. Es bleibt zu prüfen, wie sich Schwämme vom Charakter der *Daedalea quercina* gegen Buchen- und Nadelholz verhalten.

Will man nicht auf eine erhebliche Verschiedenheit der Enzyme beider zurückgreifen, so liegt die Deutung in obigem Sinne am nächsten, es würde die für *Merulius* nachteilige Gerbsäure den Schutz des Eichenholzes bedingen[2]). Wie weit die

---

Parasit berührt werden; eine Grenze zwischen „Saprophyt“ und „Parasit“ ist bei diesen Pilzen übrigens kaum zu ziehen, in toten Teilen lebender Bäume wachsende Pilze sind mit Rücksicht auf das bewohnte Substrat reine „Saprophyten“, für den Baum als solchen immerhin „Parasiten“, zumal wenn sie auch lebendes Gewebe abtöten. Tote Elemente fehlen selbst nicht im Splint. Hierher gehörige Beispiele findet man bei Tubeuf, Pflanzenkrankheiten, 1895, 8—9. — Natürlich ist das Verhältnis eines Pilzes zur Substanz der Holzwände im Grunde genommen kein anderes als etwa das zu den einzelnen Zuckerarten, die Verarbeitung resp. Spaltung setzt enzymatische Fähigkeiten voraus.

1) Besser wäre hier wohl ein anderes Beispiel, etwa *Chlorosplenium aeruginosum* (*Peziza ae.*) oder *Polyporus sulfureus*, für die außer Eiche und Nadelholz auch Buche bzw. Esche als Substrat angegeben werden (Tubeuf, Holzzerstörende Pilze in Lafar, Techn. Mycologie, 2. Aufl., III, 1907, 298. Hartig, Baumkrankheiten 1889, 51).

2) Da die specifischen Zersetzungserreger des Eichenholzes den Verhältnissen „angepaßt“ sind, möchte ich darin keinen großen „Nutzen“, somit

„Immunität“ reicht, hinge natürlich insbesondere von dem Gehalt an derselben ab. Ähnlich dem von *Quercus* dürfte sich das Holz der Kastanie (*Castanea*) und Walnuß (*Juglans*)[1], wohl auch noch das einiger anderer Laubholzarten verhalten; Nadelhölzer, auch z. B. das xylanreiche harte Buchenholz (*Fagus*) würden aus gleichem Grunde als gerbsäurearm vorweg für die Zersetzung „disponiert“ sein; Speculationen haben da aber keinen Wert, es müssen Tatsachen sprechen. Hemmend wirkende Stoffe werden bekanntlich von Pilzen durch eigene Tätigkeit in manchen Fällen durch Zersetzung beseitigt, man darf also nicht übersehen, daß auch Körper von Art der veränderlichen Tannine im pilzlichen Stoffwechsel mehr oder minder energisch angegriffen werden[2] (Spaltung, Oxydation, Reduction), hierfür aber gerade die allgemeinen Versuchsbedingungen (Temperatur, Anwesenheit guter Nährstoffe, Concentration u. a.) von wesentlicher Bedeutung sind. Unter experimentell herbeizuführenden besonders günstigen äußeren Verhältnissen beseitigt *Aspergillus niger* die nachteilige Wirkung der freien Oxalsäure durch deren glatte Zersetzung[3], es mag also auch *Merulius* unter geeigneten günstigen Umständen mit Gerbsäuren fertig werden, deren hemmende Wirkung der freier Oxalsäure ungefähr gleich steht. So erschiene mir die experi-

---

auch keinen Grund zu einer besonderen teleologischen Bewertung von Gerbstoffen überhaupt, sehen.

1) *Daedalea quercina* Pers. fand ich in einem einzigen Falle bislang auch an dem Holz eines noch stehenden älteren Walnußbaumes (Freiburg a. E. 1901), sonst nur an *Quercus*, wo sie bekanntlich die fast regelmäßige Vegetation alter Stöcke bildet.

2) Ob von Holzschwämmen der „Gerbstoff“ reichlich aufgenommen und zersetzt wird, wie das Naumann früher angab (Dissertation, Dresden 1895), bedürfte einmal einer genaueren Feststellung. Andere Arten sollen nach demselben überhaupt keinen Gerbstoff aufnehmen und gerbstoffrei sein, gerade dies gibt derselbe für *Daedalea* an, indes sonstige Eichenschwämme bis 1 % enthielten. Die Frage müßte an der Hand künstlicher Culturen und geeigneter analytischer Verfahren wieder aufgenommen werden. — Über Oxydation von Benzolderivaten in der Sauerstoffatmung s. Czapek, Biochemie der Pflanzen, II, 1905, 464.

3) C. Wehmer, Entstehung und physiologische Bedeutung der Oxalsäure im Stoffwechsel einiger Pilze (Botan. Ztg. 1891, **49**, 455, sowie Ber. Botan. Ges. 1891, **9**, 163 u. 218). — R. Hartig läßt *Polyporus igniarius* den Eichengerbstoff zuerst aufnehmen und verarbeiten. Lehrbuch der Baumkrankheiten, 2. Aufl., 1889, 50.

mentelle Beseitigung der Immunität des Eichenholzes — auch ohne Extraction der Gerbsäure — immerhin denkbar.

Es bleibt für die weitere Hausschwammforschung allein nach dieser Seite schon eine ganze Reihe noch unerledigter Punkte; im weiteren Umfange als das bisher geschehen, muß sie sich wohl physiologischen und chemischen Fragen zuwenden.

---

3. Ansteckungsversuche mit verschiedenen Holzarten durch *Merulius*-Mycel.

(Mit 3 Textbildern.)

Infectionsversuche mit Hausschwamm müssen, wenn ihre Resultate auf practische Verhältnisse übertragbar sein sollen, selbstverständlich unter möglichst natürlichen Bedingungen angestellt werden. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, begann ich im Mai 1912 eine kurze Reihe solcher Experimente mit verschiedenen Hölzern in meinem Versuchskeller direct auf dessen porösen Backsteinfußboden. Zu der constanten Feuchtigkeit der Kellerluft kommt hier als mitwirkender Factor also die Bodenfeuchtigkeit, welche aufgelegte Holzproben allmählich näßt, Glasschalen beschlagen unterseits mit feinen Wassertropfen. Der Pilz wuchs auf diesem Fußboden in üppigen weißen Mycelrasen, ausgehend von einem größeren inficierten Fichtenholzstück (p. 63).

Der Ausfall dieser Versuche widerlegt zunächst die Meinung, daß nur wasserdampfgesättigte Luft für den Befall unsterilisierten Holzes optimale Bedingungen schafft, höherer Feuchtigkeitsgehalt des Holzes unter natürlichen Verhältnissen also von Nachteil sei. Im Gegenteil wächst und wirkt unser Pilz da am besten auf direct feuchtem Substrat, also auch auf den wassergetränkten Teilen sonst lufttrockener Hölzer[1]). Hier vermag er bei längerer Einwirkung selbst Eichenholz stellenweise in bescheidenem Maße anzugreifen, während rund achtmonatiges Bewachsen dagegen nicht genügte, die nur luftfeuchten Teile dieser Holzart irgendwie zu beeinflussen. Weiterhin ergab sich,

1) Zu den übrigens nicht näher belegten Angaben bei R. Falck (*Merulius*-Fäule, p. 305) steht auch dies in directem Gegensatz.

daß verschiedene andere Holzarten das Eichenholz in der Resistenz noch übertreffen, *Merulius* also keineswegs — selbst unter optimalen Bedingungen — so ziemlich alle Hölzer zersetzt. Mahagoni-, Teak-, Cedrela- und Robinienholz vermorschten selbst im feuchten Zustande nicht, indes das Holz von Linde, Birke, Buche, Ulme, Fichte schon lufttrocken durch das berührende Mycel stark oder völlig zersetzt wurde[1]).

In folgendem gebe ich den Verlauf etwas ausführlicher wieder:

Verwendet wurden Stücke von Fichte (*Picea excelsa* Lk.), Buche (*Fagus silvatica* L.), Eiche (*Quercus pedunculata* Ehrh.), Ulme (*Ulmus campestris* L.), Linde (*Tilia parvifolia* Ehrh.), Walnuß (*Juglans regia* L. und *J. nigra* L.), Robinie (*Robinia Pseudacacia* L.), Mahagoni (*Swietenia Mahagoni* Jacq.), Teakholz (*Tectona grandis* L.), „Cigarrenkistenholz" (*Cedrela odorata* L.), Birke (*Betula alba* L.).

Die Versuchsstücke stammten teils aus meiner Sammlung[2]), teils waren sie aus neuen Brettern geschnitten, das *Cedrela*holz von einer (gebrauchten) Cigarrenkiste. Alle wurden mehrere Tage vor Versuchsbeginn in den Keller gebracht, besaßen also dessen Temperatur- und Feuchtigkeitsgehalt. *Merulius* wuchs hier von einem angesteckten großem Fichtenholzstück ausstrahlend als üppiges junges schneeweißes Luftmycel im Durchmesser von ca. $^1/_2$ m auf dem Backsteinboden, zeigte auch die Entwicklung von fünf jungen Fruchtkörpern. Die Holzproben lagen in kurzen Abständen nebeneinander, möglichst in Richtung des ausstrahlenden Pilzmycels genau vor diesem, Auslegen fand am 5. Mai 1912 statt, also zu einer Zeit, wo der Pilz günstige Temperatur vorfand.

Der Versuch entsprach zunächst nicht meinen Erwartungen. Noch nach 10 Tagen waren die Mycelien nicht auf die Hölzer übergewachsen, im Gegenteil war das Luftmycel etwas von den

---

1) In der Literatur gilt von diesen Holzarten das Buchen-, Ulmen-, Birken- und Mahagoni-Holz (neben Fichten- und Eichenholz) als durch Hausschwamm zerstörbar; soweit ich sehe, kennt dieselbe bislang überhaupt keine Ausnahmen. Die Angaben hierüber stellte ich bereits früher (s. oben p. 14) zusammen.

2) Birke, Linde, Walnuß, Robinie, Teak, Mahagoni, alle in glatten Sammlungsstücken ca. 10 Jahre aufbewahrt. Fichte, Buche, Eiche aus Brettern neu geschnitten (wohl meist Reif- bzw. Kernholz).

vorher berührten Holzstücken zurückgewichen. Es wurden deshalb jetzt alle Stücke um ca. 4 cm vorgezogen und direct auf den Rand des jungen Mycelrasens gelegt. Auch das schien zunächst ohne Einfluß, selbst nach 4 Wochen (Anfang Juni) war kein Erfolg sichtbar, der Pilz hatte vielmehr aufgehört, sich peripher auszudehnen, verfärbte sich ins trübgraue und war merklich zusammengesunken. Die Lufttemperatur des Kellers war zu dieser Zeit von 8,5° auf 11,2° gestiegen, das Hygrometer zeigte ziemlich gleichmäßig 90—94% Feuchtigkeit, die Einzelheiten hierüber sind unten genauer zusammengestellt (s. p. 49).

Endlich, gut 4 Wochen nach Versuchsanfang, begann (8. Juni) sich die Sachlage zu ändern (Kellertemperatur 12,7°, des Bodens 11°), das Mycel wuchs auf mehrere der Holzstücke hinüber. Am 22. Juni lebhafter Fortschritt und 4 Wochen später (18. Juli) waren die *Meruliushyphen* auf alle Holzstücke (mit einer Ausnahme) übergegangen. Die Lufttemperatur im Keller war jetzt auf 15,2°—16° (Maximum) gestiegen, Hygrometer zeigte gleichmäßig 91—92 % Feuchtigkeit. Im Laufe des Augusts waren dann fast alle Holzstücke dicht mit schneeweißem Mycel überwachsen, dasselbe hatte seine Peripherie 30 cm über dieselben hinaus ausgedehnt. Das blieb auch im Verlauf des Septembers so, von vielen Holzproben war unter der dichten Myceldecke nichts mehr zu sehen, auf Buchen- und Ulmenholzstücken bildeten sich Fruchtkörper (Temperatur 12,5°, Hygrometer 92%). Das gleiche Bild zeigte noch der Oktober (10,2°, 92% Feuchtigkeit), im November begann eine Verfärbung des Mycelrasens, er verfiel dann in den folgenden Monaten; die Holzproben waren jetzt mit gelblichen Häuten und ebensolchen feinen Strängen — mit diesen zumal unterseits — bedeckt, welche sich auf den Backsteinfußboden fortsetzten und sie mit demselben fest verbanden. Beim Aufnehmen mehrerer Stücke für die Untersuchung mußten sie mit diesen Strang- und Hautresten abgerissen werden (14. März 1913, also gut 10 Monate nach Beginn, 8 Monate nach Bewachsen.)

Merulius umwächst hiernach also wahllos alle Holzarten ohne Unterschied[1]), welche er davon wirklich zersetzt, ergibt sich erst bei genauerer Untersuchung der Proben.

Das Resultat sei hier kurz zusammengezogen: von den 20 Holzproben hatten genau 5 ihre völlig unveränderte physi-

1) Ausnahme *Juglans nigra*, was nachzuprüfen ist.

calische Beschaffenheit behalten, 15 andere dagegen waren nach der 10 monatigen Versuchsdauer entweder großenteils bez. im ganzen morsch und weich, oder nur spurenweise an einzelnen Stellen angegangen. Mehrfach mußte zur Identificierung der Art des Holzes das allseitig dicht aufsitzende Hausschwammycel erst abgeputzt werden, so stark hatte sich der Pilz auf den Proben entwickelt. Drei der Holzproben sind zur Veranschaulichung anbei abgebildet.

1. Ganz unverändert harte Beschaffenheit hatten jetzt die Probestücke von: Mahagoni, Cedrela, Robinie, Teak, Schwarze Walnuß.

2. Völlig weich durch fast die ganze Substanz waren die Stücke von Fichte (4 Stück), Linde (1), Birke (1). Etwas weniger schon Buche (4 Stück), Ulme (1) und Gemeine Walnuß (*J. regia*).

Fig. 1. Birkenholz, von *Merulius*-Haut teilweise überzogen. Links Haut- und Strangreste vom Kellerfußboden, sich auf die (abgekehrte) Unterseite fortsetzend (Vorderseite des Bildes war Oberseite, hier Messereinstiche und Nageleindrücke). Vergr. ca. $^3/_4$.

3. Nur unterseits schwach angemorscht waren die 4 Stücke von Eiche (ungleichmäßig).

Hiernach war das Kernholz von Teak, Cedrela, Mahagoni, Robinie u. *Juglans nigra*, etwas minder das der Eiche, auch bei längerer Versuchsdauer ausgesprochen widerstandsfähig gegen Schwammwirkung, und zwar selbst unter optimalen Verhältnissen für diese, wie solche zweifellos auf dem feuchten porösen Backsteinfußboden eines Kellers vorliegen. Stark angegriffen wurden nur, neben Fichtenholz, das der Linde, Ulme, Buche, Birke und Gewöhnlichen Walnuß (hier Splint).

Die Versuche lehrten bei Untersuchung der Holzproben am Schluß aber noch etwas anderes: Der Feuchtigkeitsgehalt der Versuchsstücke ist unter solchen Verhältnissen sehr ungleich,

auf der Unterseite wesentlich höher als oben, hier sind sie relativ trocken, dort deutlich mit Wasser gesättigt. Man stellt das bereits bei Betrachtung mit bloßem Auge unschwer fest, die Unterseite ist meist auf mehrere Millimeter bis ca. 1 cm hoch dunkler gefärbt, sie saugt die Wassertröpfchen der Bodenfeuchtigkeit reichlich auf, ist mehrfach auch direct mit solchen beschlagen. Schwammentwicklung und Zersetzung sind unterseits durchweg am stärksten. Die leicht angreifbaren Holzarten vermorschten aber schon, soweit sie nur von den *Merulius*-Häuten — also auch oben — bloß bedeckt sind, die Eichenholzproben jedoch nur unterseits wenig regelmäßig und in meist geringfügigem Grade, hier war Mitwirken directer Feuchtigkeit erforderlich[1]).

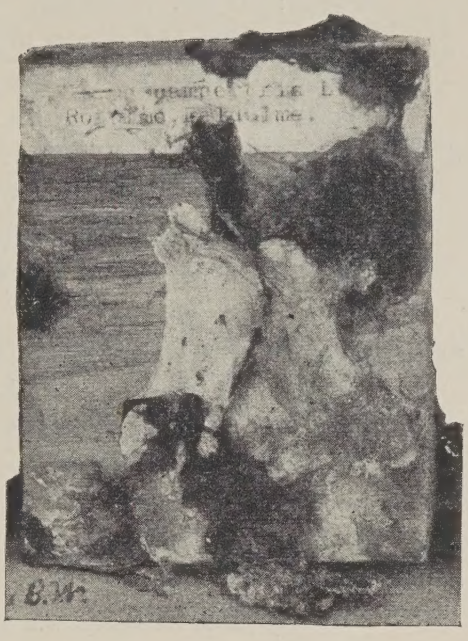


Fig. 2. Ulmenholz, wie Fig. 1, mit mehreren kleinen *Merulius*-Fruchtkörpern auf den Häuten. Vergr. ca. $^1/_2$.

Im einzelnen wurde bei den Versuchsstücken folgender Sachverhalt festgestellt; die Härte wurde durch Einstechen mit spitzem Taschenmesser bestimmt:

Holzproben von 1912 bis März 1913 auf Backsteinfußboden des Kellers liegend, von *Merulius* ab Juli (7—8 Monate) überwachsen.

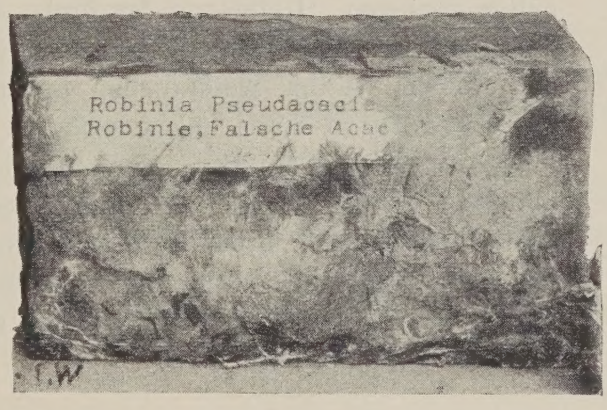


Fig. 3. Robinienholz mit Häuten und Strängen des *Merulius* überzogen. Allseitig unverändert hart. Vergr. ca. $^1/_2$.

I. Völlig unverändert.

1. Teak [*Tectona grandis*] (glattes Brett aus Sammlung, 11,5:5,5:1 cm). — Ist von dichter *Merulius*-Haut allseitig stark umwachsen, oberseits ein reifer Fruchtkörper von 4 cm Durchmesser. Trotz Durchfeuchtung der

1) Feuchtigkeitsgehalt der porösen Backsteine; der Steinfußboden des halb unter Tage gelegenen Kellers ist nicht etwa „naß".

Unterseite ist das Brett in allen Teilen völlig unverändert, allseitig hart wie im Anfang.

2. Mahagoni [*Swietenia Mahagoni*] (größeres Sammlungsstück, glatt, 9 : 8,5 : 2,5 cm; rotbraun). — Ist nur bis zu halber Höhe von bräunlichgelber *Merulius*-Haut umwachsen, unterseits mit feinen gelblichen Strängen bedeckt. Unterseite feucht. — Härte und Aussehen der Oberfläche überall ohne jede Veränderung.
3. Robinie [*Robinia Pseudacacia*] (Stück Kernholz aus Sammlung, 9,5: 5,3 : 3,4 cm). — Mit dichter bräunlichgelber *Merulius*-Haut, unterseits auch mit anliegenden Strängen von 2 mm Dicke bedeckt. — Selbst die feuchte Unterseite ist unverändert hart, Messerspitze dringt nirgends ein (s. Fig. 3).
4. Schwarze Walnuß [*Juglans nigra*] (rotbraunes Kernstück aus Sammlung, Brett von 11 : 4,5 : 1,5 cm). Das Stück war ganz frei von *Merulius* geblieben, lediglich an einer Stelle der feuchten Unterseite zarte helle Stränge neben Spur Mycel. Physikalisch natürlich unverändert. — Ob hier ein Zufall vorliegt, lasse ich zunächst dahingestellt, der Versuch wird wiederholt.
5. Cedrela-Holz [*C. odorata*] (direct als Cigarrenkiste [gebraucht], verwendet). Das Kistchen war monatelang von üppigem *Merulius*-Mycel völlig bedeckt, wurde auch von dem es berührenden jungen Mycel ohne Schwierigkeit „angenommen". — Festigkeit der Kiste und Härte der Brettchen ist unverändert dieselbe geblieben.

II. Nur unterseits schwach angegriffene Hölzer.

6. Eiche [*Quercus pedunculata*] (4 Stücke, ca. 7,5 : 2 : 1,5 bis 9 : 2,5 : 1,80 cm, anscheinend nur Kern). Alle Stücke von gelblicher *Merulius*-Haut dicht umwachsen, diese oberseits zarter, unterseits derb, hier mit hellen Strängen. Unterseite der Probe ist bis ca. 1 cm empor deutlich durchfeuchtet, Oberseite trocken. — Die physikalische Beschaffenheit der Stücke ist im wesentlichen unverändert, bei mehreren jedoch die Unterseite etwas angemorscht, so daß die Messerspitze stellenweise 2—3 mm tief eindringt; übrigens sehr ungleichmäßig, bei 3 Stücken nur sehr wenig, so daß sie ohne nähere Prüfung ganz unverändert erscheinen, beim 4. Stück stärker ausgesprochen, zumal an einer bestimmten Stelle bis 3 mm tief morsch. — Resultat: Schwaches Morschwerden der dem feuchten Stein direct aufliegenden Unterseite, sonst unverändert fest.

III. Stark angegriffene Hölzer.

Zu diesen bildet Ulme, vielleicht auch Walnuß (*Juglans regia*, Splint) den Übergang, beide Holzproben waren erheblich, aber nicht durch die ganze Substanz, vermorscht.

7. Ulme [*Ulmus campestris*] (größeres glattes Stück aus Sammlung von rötlich graubrauner Farbe, anscheinend Kernholz, 8,7 : 6,6 : 2,7 cm). — Bewachsung durch *Merulius* dicht und in ganzem Umfange, kräftige

Häute mit drei alten Fruchtkörpern an den Seiten. — Nur stellenweise weich, zumal auf der unteren Fläche, Messerspitze dringt $^1/_2$—3 cm tief ein; an anderen Teilen, so oben und an den Seiten, trotz dichter Bewachsung durch *Merulius* unverändert hart (s. Fig. 2). Dieses Holz war jedenfalls erheblich widerstandsfähiger als die folgenden.

8. Gemeine Walnuß [*Juglans regia*] (kleines älteres Stück aus Splint, graugelb, aus Sammlung, 7,3 : 3 : 2 cm). — Bewachsung durch die gelbliche *Merulius*-Haut allseitig. — Stark angegriffen unterhalb wie an den Seiten, nur noch oben hart, Messerspitze dringt unterseits ohne Schwierigkeit bis 2 cm tief ein.

9. Buche [*Fagus silvatica*] (4 Stücke, von einem Brett abgespalten, wohl meist Reifholz, ca. 10 : 2 : 1,4 cm bis 13 : 1,7 : 1,2 cm).

Nr. 1: Stark von *Merulius* bewachsen, mit größerem alten Fruchtkörper. Ist gutenteils morsch, brüchig, nur teilweise noch widerstandsfähig.

Nr. 2: Fast allseitig mit Haut- und Strangbildungen bedeckt, besonders unterseits bis 2 cm tief weich, oberhalb stellenweise.

Nr. 3: Allseitig umwachsen, unten weich, oben härter, aber brüchig (leicht durchbrechend, wie Nr. 1).

Nr. 4: Unterseits bis zu $^3/_4$ der Dicke korkweich, nur oben noch hart. Bewachsung allseitig.

Die drei folgenden Holzarten rechnen offenbar zu den am leichtesten zersetzbaren, stehen darin einander auch wohl ziemlich gleich.

10. Linde [*Tilia parvifolia*] (glattes Brettstück aus Sammlung, 11,5 : 3,6 : 1,7 cm). — War fast allseitig bewachsen. Das ganze Stück läßt sich wie Pappe mit dem Messer glatt durchstechen, völlig morsch.

11. Birke [*Betula alba*] (größeres glattes Sammlungsstück, 10 : 5,7 : 3 cm). — Zu ungefähr $^3/_4$ umwachsen. Mit Ausnahme der pilzfreien Oberseite morsch und weich wie Pappe, so daß Messerspitze mühelos tief eindringt; leicht (starke Gewichtsabnahme) — (s. Fig. 1).

12. Fichte [*Picea vulgaris*], 5 Stücke verschiedener Größe, teils aus Sammlung, teils von neuem Brett. Bewachsung meist total. Die etwas kleineren Stücke (bis 7,3 : 0,5 : 3,3 cm) sind durch die ganze Substanz zersetzt, leicht und weich wie Kork, mit Fingernagel leicht eindrückbar, in der Hand zerbröckelnd. Ein 5. etwas größeres Stück (9 : 3 : 1,5 cm) ist nur zur Hälfte mit Hautbildungen und feinen Strängen bedeckt, nur oberseits (wo solche fehlen) noch fest, sonst gleichfalls in seiner ganzen Substanz morsch und weich wie die übrigen.

Aus den Versuchen ergibt sich also, daß unter natürlichen Verhältnissen höherer Feuchtigkeitsgehalt des Holzes die Schwammwirkung in ausgesprochener Weise begünstigt. Jede Prüfung von Holzproben gegen *Merulius* unter künstlichen

Bedingungen hat diesen Punct notwendig zu berücksichtigen. Unterseits der Holzstücke entwickelt sich der Pilz am besten, bildet hier üppig Mycel wie Stränge und selbst Eichenholz wird da schließlich von ihm etwas angegriffen; ob hier ein durch die Feuchtigkeit bewirktes teilweises Extrahieren der Gerbsäure mit in Frage kommt, sei zunächst dahingestellt. Lediglich lufttrockne Holzteile (mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Kellerluft) sind erheblich resistenter. Das Mycel überwächst sie zwar gleichfalls, übt aber nur bei den leichter zersetzlichen Hölzern eine nennenswerte Wirkung aus (Fichte, Linde, Birke, Buche), die anderen — und speciell auch Eiche — werden dadurch auch bei monatelanger Einwirkung nicht weiter alteriert.

Der Grund der völligen Resistenz von Teak-, Robinien-, Mahagoni-, Cedrela-Holz bleibt noch aufzuklären — diese Versuche werden fortgeführt — anscheinend dringen die Pilzfäden da überhaupt nicht ein, aus dem bloßen Bewachsenwerden sind noch keinerlei Schlüsse zu ziehen. Übrigens ist der Feuchtigkeitsgehalt von Buchen- und Eichenholz in der Kellerluft im allgemeinen etwas größer als der des Fichtenholzes (s. unten p. 51).

Gegenüber der früheren Ansicht, der zufolge *Merulius* so ziemlich alle Holzarten zersetzen sollte, erhellen unsere Versuche zur Genüge, wie verschieden sich diese gegen den Pilz verhalten. In etwas spielt dabei allerdings der besondere Grad des Feuchtigkeitsgehalts mit. Es bleibt nunmehr noch — in schon angestellten Versuchen — zu prüfen, wie der Ausfall bei völliger Sättigung mit Wasser sein wird.

Von den benutzten Hölzern gilt Ulmenholz als verhältnismäßig dauerhaft; Linde, Birke und Buche stehen darin wohl auf der untersten Stufe; an Härte übertreffen Buche, Birke und Linde das Fichtenholz erheblich, Ulme, Buche, Walnuß, Robinie gelten neben Eiche u. a. als harte Hölzer; die Widerstandsfähigkeit von Mahagoni, Teak, Robinie und Cedrela ist von rein physicalischem Gesichtspunkte aus zwar verständlich, es zeigen die Tatsachen jedoch, daß die physicalischen Eigenschaften einer Holzart keineswegs allein entscheidend sind, allem Anschein nach spielen chemische Momente mit. Leider ist über die Chemie der gegen *Merulius* resistenten Hölzer — mit Ausnahme des Eichenholzes — nicht allzuviel bekannt. Neben der besonderen chemischen Beschaffenheit der Fasersubstanz kommen

specifische Inhaltsstoffe mit hemmender Wirkung auf Pilzwachstum oder Enzymäußerungen in Frage. Für Mahagoniholz wird Katechingehalt, für *Tectona* ein Harz mit Tectochinon angegeben, in dem von *Cedrela* findet sich ätherisches Öl mit Kohlenwasserstoffen[1]); über Robinie und Walnuß finde ich keine Angaben (Gerbstoffe?), zumal das Robinienkernholz stand aber in seiner völligen Unveränderlichkeit neben Mahagoni und Teak. Physiologisch bietet der Weiterverfolg dieser Fragen zweifelsohne erhebliches Interesse, in practischer Hinsicht werden dadurch einige Beiträge zur Frage nach der Widerstandsfähigkeit und Haltbarkeit verschiedener Holzarten überhaupt gewonnen; darüber gehen die Angaben in technischen Werken bislang stark auseinander. Alle Ermittlungen über Holzresistenz haben aber notwendig auch die Höhe des Gehaltes an specifisch wirksamen Stoffen, überdies den Gehalt an guten Pilznährstoffen (Kern, Splint!) zu berücksichtigen; „Holz" ist keine einheitliche chemische Verbindung, sondern ein nach Alter und Umständen wechselndes Gemenge verschiedenartiger Substanzen. Wichtig ist auch der besondere Feuchtigkeitsgehalt desselben.

Temperatur und Feuchtigkeit der Luft des Kellers im Verlauf der Versuche.

Zwecks Beurteilung mancher Puncte ist Kenntnis dieser Verhältnisse unumgänglich. Die Ablesungen fanden regelmäßig statt, sie ergaben eine große Constanz und wurden deshalb nur in Zwischenräumen für bestimmte Tage notiert. Ein sehr allmählicher Wechsel vollzieht sich allein in den Wärmeverhältnissen (Minimum im Winter ca. 4°, Maximum im Sommer 16°), die relative Luftfeuchtigkeit bewegte sich zwischen 90 % und 95° (meist 90—93 %), zeigt also Winter wie Sommer sehr geringe Schwankungen.

Die Wärmemessungen geschahen durch mehrere vorher miteinander verglichene Thermometer an drei Stellen: in 1 m Höhe, an der Bodenoberfläche und 1 cm unterhalb derselben (in der Erde). Differenzen sind vorhanden, aber sehr gering (von unten nach oben meist kaum 1° Unterschied), so daß hier nur die mittlere Zahl notiert ist. Etwas weniger genau sind die Feuchtigkeitsmessungen, aus practischen Gründen mußte

1) Vgl. C. Wehmer, Pflanzenstoffe 1911, p. 418.

dazu ein Haarhygrometer (Präcisionshygrometer besserer Construction von REINECKE-Hannover) benutzt werden, dessen Brauchbarkeit vorher (im dampfgesättigten Raum) nach Möglichkeit controlliert wurde. Exactere Methoden zur Bestimmung sind unverhältnismäßig zeitraubend und hier schlecht durchführbar. Da mir die Lage des Taupunktes von Wichtigkeit scheint, ist derselbe stets gleichzeitig berechnet; je näher er der Lufttemperatur liegt, um so günstiger sind im allgemeinen die Verhältnisse für *Merulius* (Differenz), in der Kellerluft liegt er natürlich stets relativ hoch, durchweg kaum 1—2° unter der Temperatur des Raumes, somit ganz abweichend von den Verhältnissen im Wohnzimmer oder im Freien.

Mit dem gleichen Hygrometer gemessen, las ich zu verschiedenen Zeiten im Freien meist zwischen 55 und 96% relat. Feuchtigkeit (6—8°) ab, im geheizten Wohnzimmer zwischen 23 und 45% (± 20°), in ungeheizten Räumen oberhalb des Erdbodens (1. Stock) 80—97% (8—10°), jedenfalls gab der Apparat also prompt Ausschläge; die fast andauernde Constanz der Kellerfeuchtigkeit — worauf es mir zunächst ankommt — steht damit hinreichend fest; weiterhin freilich auch, daß lebhafte *Merulius*-Vegetation und -Ansteckung durch Luftmycel keineswegs an einen maximalen Sättigungsgrad der Luft gebunden ist, wie das gelegentlich wohl angenommen wird[1]). Der Pilz braucht zu üppiger Entwicklung aber möglichst constante directe Feuchtigkeit (tropfbar flüssiges Wasser) als Boden- oder Condenswasser; aus gut wachsenden Luftmycelien kann man solches zwischen den Fingern tropfenweis auspressen. Gerade das bindet sein Vorkommen in der Hauptsache an die Nähe des Erdbodens, relative Feuchtigkeitsgrade, denen der Kellerluft entsprechend, hat man jedenfalls in der kühleren Jahreszeit sehr allgemein in ungeheizten Räumen auch oberer Stockwerke, ohne daß solche damit besonders Hausschwamm-gefährdet sind. —

Bei Betrachtung der Temperaturen der Kellerluft könnte man geneigt sein, die erst nach Wochen stattfindende Ansteckung mit dem Ansteigen der Wärme in Verbindung zu setzen. Einen Einfluß hat ja die Temperatur zweifelsohne auf die Schnelligkeit des Überwachsens, ich habe aber Infection von Holzproben im gleichen Keller auch noch bei 5—8° gesehen; der Pilz wird also nicht etwa erst bei ca. 11° infectionstüchtig. Ebensowenig hängt

1) So auch von R. FALCK angegeben (*Merulius*-Fäule, 1912, p. 310), die Angaben dieses Untersuchers haben sich aber bislang fast durchweg als unrichtig erwiesen.

Ablesungen im Keller von März 1912 bis März 1913.

Datum	Hygrometer %	Lufttemperatur °	Taupunkt °	Versuchsverlauf
1912				
8. März . . .	90	7	5,5	
6. April . . .	92	8	6,2	
21. „ . . .	95	8,2	6,7	
5. Mai . . .	90	8,5	7	Versuchsbeginn
10. „ . . .	90	10	8,5	
16. „ . . .	94	10,5	9,2	Ohne merkliche Wirkung
20. „ . . .	92	11,2	9,7	
30. „ . . .	90	11,2	9,1	
5. Juni . . .	90	11,8	10,3	Holzproben etwas überwachsen.
8. „ . . .	90	12,7	11,2	
22. „ . . .	92	11,8	10,6	Fortschritt.
8. Juli . . .	91	16	14,6	Gutenteils überwachsen.
5. Aug. . . .	92	15,2	13,9	
20. „ . . .	92	14,2	13	
1. Sept. . . .	92	13,8	12,4	Holzproben dauernd vom weißen Mycel bedeckt.
15. „ . . .	92	12,5	11,3	
5. Oct. . . .	92	10,2	8,8	
26. Nov. . . .	94	8	6,8	
22. Dec. . . .	93	7	5,6	Beginnende Verfärbung des Luftmycels und Zusammensinken zu gelblichen Häuten
1913 [1])				
6. Jan. . . .	—	7		
30. „ . . .	—	4,2	—	
14. März . . .	—	6,6	—	
21. „ . . .	—	7	—	Versuchsabschluß.

der Verfall des Luftmycels ab November ca. mit der sinkenden Temperatur zusammen, es ist das vielmehr sein natürliches Lebensende, das bei anderen Versuchen also gerade so gut in das Frühjahr fallen kann.

Feuchtigkeitsgehalt der gesunden Versuchs-Hölzer.

Die sich aus den oben mitgeteilten Versuchen ergebende Tatsache, daß in gewissen Fällen erst directe Befeuchtung der Holzstücke durch die Bodenfeuchtigkeit zur Schwammzersetzung führt, letztere also lediglich bei sehr leicht angreifbaren Holzarten in wasserdampfreicher Luft durch bloße Berührung mit dem ihnen aufliegenden Mycel erfolgt, verlieren diese Feuchtigkeits-

1) Ab hier sind Hygrometerstand und Taupunkt nicht mehr notiert.

bestimmungen erheblich an Interesse. Immerhin mögen sie eine Vorstellung von dem Wassergehalt der Versuchshölzer geben, ohne dabei besondere Ansprüche nach irgendeiner Richtung zu stellen. Die Proben wurden absichtlich von verschiedener Herkunft und Größe gewählt, es mag das auf die bisweilen recht erheblichen Differenzen mitwirken.

In einigen Fällen wurde nur der Wassergehalt der vorher ca. 10 Wochen im Keller gehaltenen Proben, in anderen gleichzeitig auch der lufttrockner Stücke (im Laboratorium bei ca. 20° aufbewahrt) bestimmt; es wurde dann zunächst direct gewogen (stets in verschlossenem Wägeglas), darauf der Kellerluft ausgesetzt (alle gleichmäßig 1 m über Erde), wieder gewogen und nun bei allmählich auf 110° gesteigerter Temperatur bis zum constanten Gewicht getrocknet[1]); Abzug des zurückgewogenen Glases ergibt die drei hier in Frage kommenden Zahlen für wasserfreies, lufttrockenes (Laboratorium) und kellertrocknes gesundes Holz. Eine der Bestimmungen bezieht sich auf morsches *Merulius*-krankes Fichtenholz von einer Kistenwand im Keller zum Vergleich.

Der totale Feuchtigkeitsgehalt der Fichtenholzproben in der Kellerluft schwankte erheblich, unter Abzug einer extremen Zahl (20,72 %) bewegte er sich zwischen 11,4 und 16,8 %; 12—15 % darf wohl als ungefährer Mittelwert gelten, annähernd die Hälfte davon dürfte im Keller aufgenommen werden, der absolute Wassergehalt steigt hier bis auf über das Doppelte. Die beiden Bestimmungen für Eichenkernholz stimmen gut überein, der Wassergehalt des Kellerholzes belief sich auf 17—18 %, des an der Luft liegenden auf 12—13 %; bei der Buche waren die gleichen Zahlen ca. 18—23 bzw. 15—17 %, hier ist der Mehrgehalt also nicht sehr erheblich.

Der totale Wassergehalt des schwammkranken (morschen) Fichtenbrettes im Keller stieg auf 25,5 %. Genauere Zahlen s. umstehend (p. 51).

---

1) Es waren dazu 7—10 Tage erforderlich, weitere Fortsetzung des Trocknens ergab wieder langsame Zunahme; die Eichenstücke verlangten 12 Tage. Durchweg ist der größte Teil des Wassers schon nach 2 Tagen entwichen, von da an betrug die weitere Abnahme selten über 1—2 g.

Feuchtigkeitsgehalt (Januar—April 1912), vor Versuchsbeginn.

Holzart	Gewicht der Holzstücke[1] (g)			Wassergehalt				
	1. wasserfrei	2. lufttrocken (± 20°)	3. im Keller (nach 74 Tagen)	1. lufttrocken		2. im Keller		Wägeglas
				g	%	g	%	g
1. Eiche	57,11	65,71	69.59	8,80	**13,09**	12,48	**17,95**	78,16
2. „	59,69	68,34	72,17	8,66	**12,66**	12,48	**17,31**	121,14
3. Fichte	28,34	30,26	33,97	2,02	6,67	5,73	16,87	90,58
4. „	29,61	34,30	37,35	4,69	13,67	7,74	20,72	94,01
5. „	20,72	—	24,54	—	—	3,84	15,05	74,95
[6. „ (morsch)	27,81	—	37,29	—	—	9,48	25,50	130,37]
7. Fichte	39,66	—	44,78	—	—	5,12	11,43	84,92
8. „	16,44	—	18,67	—	—	2,23	12,0	103,67
9. „	17,65	—	20,32	—	—	2,67	13,1	98,8
10. Buche	9,53	11,48	12,38	1,95	**17,0**	2,85	**23,0**	30,13
11. „	18,64	21,92	22,68	3,28	**14,96**	4,04	**17,8**	26,81

4. Versuche über die Bedingungen der Holz-Ansteckung und -Zersetzung durch *Merulius*[2].

(Mit 2 Textbildern).

1. Infectionsversuche im Laboratorium und Keller.

Holzinfectionsversuche mit *Merulius* gingen bislang in der Regel von, als ansteckungstüchtig hinlänglich bekanntem, krankem

1) Überall auf 2 Decimale abgerundet. Nr. 6 ist ein Stück morsches Holz, zum Vergleich.

2) Kurze Darstellung dieser Versuche an der Hand von Lichtbildern gab ich gelegentlich der Jahresversammlung der „Vereinigung für Angewandte Botanik“ zu Berlin am 7. Oct. 1913 (s. Jahresber. der Vereinig. f. Angew. Botan. **11**, 1914, p. 106).

Anmerkung bei der Correktur. Kürzlich erschien eine Auslassung von R. Falck, von demselben als „Kritische Bemerkungen“ zu meinen Hausschwammstudien benannt (Mycol. Unters. u. Ber. 1913, p. 67—76). Mit steigender Verwunderung habe ich die rein polemischen Ausführungen gelesen, sie lassen ihren Verfasser in etwas eigenartigem Lichte erscheinen. Sachliche und persönliche Differenzen geben hier Veranlassung zu einem unschönen Angriff, der an tendenziöser Entstellung der Tatsachen

Holz aus, das ist aber ein specieller Fall, er benutzt den Pilz in Verbindung mit seinem Substrat, dem dabei vielleicht noch eine besondere Rolle zufällt; einen besseren Einblick in den Vorgang der Ansteckung erhält man voraussichtlich durch Verwendung des Pilzes allein, also durch Reinculturmaterial. Die hier mitgeteilten Untersuchungen erstrecken sich über folgende Fragen:

1. Läßt sich gesundes Holz (Fichte) durch einfache Übertragung lebender Mycelteile anstecken oder spielen dabei besondere Bedingungen eine ausschlaggebende Rolle und welcher Art sind diese? Gewisses Maß von Feuchtigkeit als selbstverständlich angenommen.

2. Welchen Einfluß auf Entwicklung und Wirkung des Pilzes hat die wechselnde Beschaffenheit des Holzes? (Splint, Reifholz bzw. Kern usw.)

3. Bedeutung des besonderen Maßes von Substrat- und Luftfeuchtigkeit für Ansteckung und Zersetzung.

4. Gelingt die Ansteckung durch bloße Sporen-Übertragung?

5. Wie verhält sich der im Keller frei wachsende intacte *Merulius*-Rasen bzw. das aus kranken Holzstücken ausstrahlende Mycel, verglichen mit seinen abgetrennten Teilen, gegenüber gesundem Holz?

Das zur Beantwortung dieser, z. T. auch schon von früheren Untersuchern behandelten Fragen im Verlauf der letzten Jahre gesammelte experimentelle Detail ist unten ausführlicher zu-

---

und in anmaßendem Ton vorgebrachten banalen persönlichen Ausfällen einzig dasteht. Ihr Verf. scheint das für den geeigneten Weg zu halten, sich mit der öffentlichen Kritik auseinanderzusetzen sowie seinen Hypothesen und wenig exacten Experimenten den mangelnden Halt zu geben. Die diesen gemachten sachlichen Einwände glaubt er dagegen ignorieren zu dürfen (s. Mycol. Centralbl. 1913, **2**, p. 214, Zeitschr. f. Botan. 1913, **5**, p. 579, Chem. Ztg. 1913, Nr. 43), schwerlich werden sie durch hochtönende Belehrungen in Wort oder Schrift erledigt. Es ist zwar zu verstehen, wenn jemand bei Zeiten Sorge trägt, daß seine Publicationen von wohlwollenden Freunden besprochen werden, immerhin sollte er auch mit anderen Möglichkeiten rechnen und eine ruhige unabhängige Kritik, die ihm Mißvergnügen bereitet, nicht mit solchen Mitteln „totzuschlagen“ versuchen. Den sachlichen Wert der FALCKschen „Kritischen Bemerkungen“ habe ich im Mycol. Centralbl. 1914, **4**, 161, näher beleuchtet.

sammengestellt, ich fasse hier im voraus das Gesamtresultat kurz zusammen:

1. Ansteckung mit isolierten Mycelstücken des Pilzes gelingt nur unter ganz bestimmten Bedingungen, die lebende *Merulius*-Hyphe ist selbst gegen feuchtes Holz keineswegs so unbedingt infectionstüchtig.
Ansteckung mißlingt in der Regel unter natürlichen Verhältnissen, also mit gewöhnlichem lufttrocknem oder feuchtem Holz im Laboratorium oder Keller, sie gelingt dagegen stets unter künstlichen Bedingungen, welche neben hinreichendem Wassergehalt des Substrats die Abwesenheit jeglicher Fremdorganismen gewährleisten, sowohl bei 6° wie bei ca. 20°. Das Mißlingen der Aussaat auf feuchter nicht steriler Holzoberfläche ist in erster Linie eine Wirkung der hauptsächlich aus Hefen und Bacterien bestehenden rasch aufkommenden Microflora des Holzes, der sich später gewöhnlich Schimmelformen beigesellen. Ihnen gegenüber kommt *Merulius* nicht auf.

2. Für rasche üppige Entwicklung des Pilzes spielt die Menge der im Holz vorhandenen wasserlöslichen organischen und anorganischen Nährstoffe eine wesentliche Rolle, so daß frischer Splint und altes Reifholz quantitativ ganz verschiedene Resultate ergeben. Künstliche Tränkung des Holzes mit Nährlösung gleicht das aus. Armut des Holzes an solchen Nährstoffen hat dürftige Entwicklung des Pilzes und nur schwache oder keine zersetzende Wirkung auf das Substrat zur Folge.

3. Eine ähnliche Rolle spielt das Maß der dem Pilz für seine Entwicklung zur Verfügung stehenden Substratfeuchtigkeit, die Luftfeuchtigkeit ist hier von mehr nebensächlicher Bedeutung; auf sog. luftfeuchtem[1]) Holz wachsen selbst in wasserdampfreicher Kellerluft die Hyphen der Aussaat nicht an, auch im feuchten Raum muß der Wassergehalt des sterilen Holzes wesentlich größer sein, je wasserreicher das Substrat (bis ca. 100 % Wasser), desto besser. Der junge sich entwickelnde Pilz bedarf auch hier flüssigen Wassers.

4. Ansteckung trockenen oder feuchten Holzes durch Sporen-Übertragung fand auch in feuchter Kellerluft nicht statt; nach

---

1) Auf das Unsichere solcher Bezeichnungen brauche ich übrigens wohl kaum weiter einzugehen.

dem Verhalten junger Mycelien unter solchen — natürlichen — Verhältnissen ist das wohl verständlich, auch für die etwaige Entwicklung des Pilzes aus Sporen wird man also keimfreies feuchtes Holz fordern müssen, solche also kaum unter natürlichen Bedingungen erwarten. Verständlich werden unter diesem Gesichtspunkt die vielen früheren negativen Versuche, gesundes Holz durch Sporeninfection anzustecken. Mit Sporen beimpfte Versuchshölzer steril zu erhalten, gelang mir bislang nicht. Stets kamen alsbald Infektionen — aber nie *Merulius* — auf.

5. Der intacte mit seinem Substratmycel in Zusammenhang stehende *Merulius*-Rasen wächst bekanntlich ohne besondere Schwierigkeiten auf das von ihm berührte gesunde Holz über, er ist für feuchtes wie lufttrockenes Holz, ungestört durch dessen Microflora, gleich infectionstüchtig. Zwischen ihm als Ganzes und seinen abgetrennten Stücken besteht in physiologischer Beziehung hiernach ein prinzipieller Unterschied; durch solche Abtrennung wird die jetzt nur noch unter künstlichen Versuchsbedingungen auf Holz mit Erfolg anwachsende Hyphe anscheinend „geschwächt", allein durch organische Verbindung mit ihrem Substratmycel erlangte sie die fast unbeschränkte Infectionskraft, Ansteckungsfähigkeit auch unter natürlichen Verhältnissen. Die größere Empfindlichkeit der isolierten Mycelflocke ist als Folge der durch Versetzung unter ungünstigere Bedingungen (unterbrochene Nährstoff- und Wasserzufuhr) verminderten physiologischen Activität wohl verständlich. Aber selbst größere Deckenstücke oder Hautreste verhielten sich nicht anders.

Gerade die notorische Gefährlichkeit kranker, das bekannte ausstrahlende Luftmycel entwickelnder, Holzteile wird damit erklärlich, Ansteckung durch Hausschwamm unter den Verhältnissen der Praxis dürfte auch hiernach in erster Linie — vielleicht in den allermeisten Fällen — durch die Übertragung vorerkrankten Substrats stattfinden, einzelne Mycelteile und Sporen würden für seine Verbreitung aber keine besondere Rolle spielen, auf luftfeuchtem Holz kommen sie auch im feuchten Raume nicht zur Entwicklung, feuchtes keimfreies Holz existiert aber in der Natur kaum. Ausgenommen wären etwa nur solche Teile des Pilzkörpers (Dauerstadien, Stränge), die gleichfalls von sich aus bei bloßer Feuchtigkeitszufuhr leicht infectionskräftige Mycelrasen erzeugen können, Sporen oder Hyphen schlechthin liefern solche unter

natürlichen Verhältnissen nicht; die Infection durch *Merulius* scheint da also auf ganz bestimmte Fälle beschränkt. Nicht beliebige abgelöste Teile, sondern der bereits angewachsene Pilz selbst, wie er aus krankem Substrat oder Strängen sich an geeigneten Orten entwickelt, ist in der Praxis das Gefährliche. —

Die Untersuchungen begann ich seinerzeit mit Experimenten im Laboratorium, es wurde zunächst versucht, angefeuchtetes gesundes Fichtenholz in der großen feuchten Kammer durch Übertragung von Reinculturmaterial zu inficieren; weder der unbestimmte Wassergehalt noch Keimfreiheit des Substrats wurde in diesen zur ersten allgemeinen Orientierung unternommenen Versuchen genauer berücksichtigt. Mit aufgenommen wurden sie hier, da sie für richtige Beurteilung des empfindlichen Pilzes nicht ganz unwichtig sind; übrigens kam es mir begreiflicherweise durchweg darauf an, nicht nackte Behauptungen, sondern für sie genauere Belege zu geben, in einigen Fällen auch schon von anderen angegebene Tatsachen durch experimentelle Nachweise schärfer zu stützen oder auch zu widerlegen. Gerade die Hausschwammliteratur ist bekanntlich leider reich genug an nicht hinreichend bewiesenen Angaben, das Experimentelle tritt vielfach stark zurück oder wird mehr nebensächlich — bisweilen als bloßes Beweismittel vorgefaßter Meinungen — behandelt[1]).

Der Ausgang dieser ersten Laboratoriumsversuche, bei denen selbst ansehnliche Deckenstücke erfolglos übertragen wurden, mußte nach dem, was über die Gefährlichkeit des *Merulius* für gesundes Holz angegeben wird, auffällig erscheinen; die Experimente wurden deshalb alsbald in den Versuchskeller mit hoher relativer Luftfeuchtigkeit und constanter Temperatur verlegt, lieferten allerdings auch hier kein anderes Resultat; Ansteckung unter natürlichen Verhältnissen durch Mycelstücke gelang nicht. Daß sie unter richtig gewählten künstlichen Bedingungen jedoch eintritt, zeigten dann die weiteren, unter bacteriologischen Vorsichtsmaßregeln wieder im Laboratorium angestellten Versuche. Im wesentlichen handelt es sich dem Anschein nach um eine combinierte Wasser- und Concurrenzfrage. Allerdings spielt noch anderes hinein. Der Ansteckung — also zunächst dem Bewachsen des Substrats — braucht, wie sich herausstellte, noch

1) Es genügt der Verweis auf die Arbeiten R. Falcks.

nicht notwendig stärkere Zersetzung (Vermorschen des Holzes) zu folgen, diese hängt in kleineren Experimenten beim Fichtenholz wesentlich von dem (wechselnden) Gehalt an wasserlöslichen Nährstoffen mit ab. Weiterhin zeigte sich aber, daß hier gerade der Wassergehalt des Holzes von besonderer Bedeutung ist, hohe Luftfeuchtigkeit für die *Merulius*-Entwicklung dagegen erst in zweiter Linie eine Rolle spielt.

Dem hier kurz skizzierten Gang der Arbeit entsprechend habe ich die Wiedergabe auf äußerlich getrennte Capitel verteilt; diese behandeln im einzelnen folgende besonderen Punkte:

1. Infectionsversuche mit Reinculturmycel im Laboratorium,
2. Ansteckungsversuche mit Mycelteilen des Luftrasens im Keller,
3. Wirkung des Sterilisierens,
4. Versuche mit künstlicher Tränkung des Holzes durch Nährlösung,
5. Einfluß der Kellertemperatur auf Anwachsen der Impfung,
6. Unterschied von Splint und Reifholz,
7. Bedeutung von Substrat- und Luftfeuchtigkeit,
8. Ansteckungsversuche mit Sporen,
9. Ansteckungsversuche mit dem intacten Mycelrasen,
10. Infection durch krankes Holz.

Bei allen Impfversuchen mit Mycel diente als Aussaatmaterial eine mittelst steriler Platinnadel entnommene Flocke von jungem kräftigem Luftmycel (von Weizenkorn- bis über Walnuß größe ansteigend) oder ebenso übertragene Teile von jungen Decken (auf Würzeagar, Zuckerlösung usw.). Wo nicht anderes bemerkt, ist unter Holz stets Fichtenholz (neues Bretterholz, Reifholz) verstanden. Weiteres Detail ist unten angegeben. Die Impfflocke entwickelt da, wo sie anwächst, in den nächsten Tagen zunächst zarte kurze in den Luftraum emporragende Hyphen, denen alsbald feine helle, sich allseitig dicht über das Substrat ausbreitende Fäden folgen. Je nach den besonderen Bedingungen stellt sich das schließliche Resultat im wesentlichen dann unter drei, durch einige unten wiedergegebene Photographien illustrierten, Hauptbildern dar:

1. Minimale oder ganz ausbleibende Entwicklung, meist ohne jede sichtbare Wirkung auf das Substrat (so auf unsterilisiertem nassen oder sterilem luftfeuchten bzw. wasserarmen Holz).

2. Entwicklung zu spärlichen reinen Vegetationen, aus spinnwebig das Holz überziehenden grauweißen Hyphen bestehend.

Wirkung auf das Substrat schwach bis unmerklich, nur oberflächlich (so oft auf sterilem gut durchfeuchtetem Fichtenreifholz).

3. Üppige Entwicklung zu characteristischen Culturen mit hohem Luftmycelrasen und hellen Strangbildungen. Intensive Wirkung auf das Holz; Verfärbung, tiefgehende Zersetzung, beim Eintrocknen Schwindrißbidung (auf sterilem nassem Splint, Reifholz mit Nährlösungstränkung).

A. Infectionsversuche mit Reinculturen im Laboratorium.

Zur Übertragung benutzt wurden Culturen auf verschiedenen Substraten (Culturröhrchen mit gekochten Kartoffeln, Würzeagar usw.) mit kräftigen Luftmycelien, nur in üppigen jungen Vegetationen; Holzstücke lufttrocken oder mäßig mit Wasser durchfeuchtet, teils unter der Wasserleitung nur abgewaschen, teils vorher in Wasser kurz aufgekocht bzw. gedämpft oder vorschriftsmäßig sterilisiert. Je nach ihrem Umfange waren sie in große feuchte Kammern, Cylindergläser mit Glasstopfen oder gewöhnliche bzw. ERLENMEYER-Kolben mit Watteverschluß eingelegt. Meine ursprüngliche Annahme, daß zur Ansteckung durch lebenskräftige Pilzteile diese Versuchungsordnung ausreicht, erwies sich bald als unzutreffend, die meisten Versuche verliefen völlig negativ. *Merulius* wuchs unter solchen Umständen in der Regel überhaupt nicht an, die Impfflocke oder das Deckenstück gingen unter Verfärbung langsam zu grunde. Im günstigsten Falle — so zumal bei Übertragung ansehnlicher Deckenteile aus Zucker- oder Agarculturen — konnte auf den gekochten Holzproben in der großen feuchten Kammer eine dürftige Vegetation aus feinen, dem Substrat dicht anliegenden schneeweißen Hyphen gezogen werden, die aber selten über 1—2 cm weit hinausgriff und dann stillstand um langsam zu verkommen, auch wo die Versuche Wochen und Monate lang fortgeführt wurden. Nur in einem einzigen Falle habe ich später unterhalb des übertragenen Deckenstückes eine mäßige localisierte Vermorschung der Hirnfläche festgestellt, der Pilz war aber auch hier nicht über die Holzoberfläche weitergewachsen. Die ganze Erscheinung war mir lange Zeit um so rätselhafter, als die Oberfläche der Holzproben oft völlig unverändert und frei von sichtbarer anderweitiger Vegetation blieb; Schimmelwucherungen stellten sich auf den gekochten Stücken überhaupt nicht oder doch

erst spät und dürftig ein (aus den Keimen des Luftraums der Kammer), auf den im Kolben gut sterilisierten natürlich nie.

Die Impfung gesunden, selbst angefeuchteten, Holzes mit lebendem Mycel aus Reinculturen war somit erfolglos, es vermag der Pilz unter solchen Umständen, die übrigens bezüglich der ungekochten Holzproben den natürlichen Verhältnissen der Praxis ähneln, nicht festen Fuß zu fassen, was dagegen bekanntlich prompt eintritt, sobald man als Impfmaterial krankes feuchtes Holz mit entwicklungsfähigem Mycel benutzt. Ich suchte den Grund des Mißlingens zunächst in Feuchtigkeitsverhältnissen der Versuchsatmosphäre, eine genaue Controlle dieser innerhalb der Kolben und feuchten Kammern hat ihre Schwierigkeiten; hinzu kommt auch, daß gerade darin mit der Überführung der empfindlichen Pilzmasse unter andere Versuchsbedingungen ein Wechsel stattfindet, das Impfmaterial überdies mit der trockeneren Laboratoriumsluft — wenn auch nur einen Augenblick — in Berührung ist. Diese Erwägung war dann für eine Wiederholung der Experimente im Keller, also unter absolut gleichbleibenden äußeren Verhältnissen, wesentlich maßgebend (s. p. 62). Ich gebe hier zunächst die Versuche wieder.

Experimentelles[1]).

Übertragung von Reinculturmycel auf Holzproben bei Laboratoriumstemperatur.

1. Versuche in großer feuchter Kammer oder Cylindergläsern.

(Holzstücke vorher gut befeuchtet, unter Wasserleitungsstrahl mechanisch gereinigt, z. T. auch kurz mit Wasser aufgekocht oder einmal gedämpft.)

Versuch 1 (20. VII. 09—1. XII. 10). — Übertragung der gesamten Pilzmasse eines Culturröhrchens (Reincultur auf Zuckerlösung) auf 4 Stücke Fichten- und Kiefernholz (ca. $9 \times 4 \times 3$ und $9 \times 9 \times 4$ cm), vorher 1 Stunde kalt gewässert, Cylinderglas, 25 cm hoch, mit eingeschliffenem Glasstopfen. — Resultat: Das schneeige Mycel des *Merulius* blieb nach Übertragung ohne Weiterentwicklung, es bräunte sich alsbald und lag als dunkle feuchte Masse noch auf der Hirnfläche des Balkenabschnittes als der Versuch abgebrochen wurde. Eine Partie des Holzes unterhalb der Pilzmasse zeigte sich später deutlich vermorscht (ca. 3 cm tief), sonst alle Holzteile

1) Bei Ausführung aller Versuche bin ich in wirksamer Weise von Herrn R. LOTTMANN unterstützt worden.

unverändert, fest, mit spärlicher niedriger grauer Schimmelbildung überzogen Ohne *Merulius*-Vegetation.

Versuch 2 (2. III. 09—1. IX. 10). — Ansatz genau wie Versuch 1. Ganzer Inhalt eines Culturröhrchens (Reagenzglas-Reincultur) auf Hirnfläche übertragen; zwei Balkenabschnitte (ca. 8 × 5 × 4 cm) in Cylinderglas von 12 : 10 cm mit eingeschliffenem Glasstopfen. — Resultat: Nicht verschieden von Versuch 1. Keine Weiterentwicklung der eingebrachten Mycelmasse, diese bei Versuchsabschluß als braunverfärbte schlüpfrige Masse. Holz unverändert, ohne besonders auffällige macroscopische Vegetation.

Versuch 3 (22. VI. 11—1. XII. 11). — Übertragung einer Mycelflocke aus Reincultur auf Holzproben von Fichte und Eiche (2 Stücke ca. 9 × 9 × 3 cm), in großer feuchter Kammer, vorher zweimal mit Wasser aufgekocht[1]). — Resultat: Es entwickelt sich sehr langsam ein schneeweißer zarter Beleg rund um die Impfflocke herum (genau auf Grenze zwischen den beiden Holzstücken); nach rund 10 Wochen ist er zu einem hellen Fleck von ca. 5 cm Durchmesser herangewachsen. Etwas stärker hat sich das weiße Mycel, das die microscopischen Merkmale von *Merulius* trägt, zwischen den beiden dicht beisammen liegenden Holzstücken entwickelt, es kommt aber auch hier nur langsam weiter, besser auf dem Eichenholz als auf Fichte, und hat Aussehen einer Hungervegetation. Anderweitige macroscopische Vegetation auf dem Holze fehlend. Versuchsabschluß nach 5 Monaten. Holz unangegriffen, fest und unverändert.

Versuch 4 (10. VIII.—25. XI. 11). — Übertragung linsengroßen Mycelstückes aus junger Reincultur (Kartoffel) auf je ein Stück Fichten- und Kiefernholz (ca. 15 : 5 : 5 cm und 10 : 8 : 3 cm), diese mit Wasser vorher aufgekocht, in großer feuchter Kammer liegend (wie Versuch 3). — Resultat: Langsamer Zerfall der sich bräunenden Impfflocke, ohne Andeutung einer Weiterentwicklung. Später überzieht grünliche Schimmelvegetation den größeren Teil der Holzstücke.

Versuch 5 (10. VIII.—20. XI. 11). — Fichte. Genau wie voriger Versuch, gleichzeitig angesetzt. — Ergebnis war das gleiche wie vorher, also bis 11. Sept. resultatlos, nur *Penicillium*. Am 11. Sept. wurde deshalb von neuem geimpft, um die etwaige Wirkung nochmals festzustellen. Trotzdem ein ansehnliches Stück feuchter weißer Mycelhaut übertragen war, trat kein Erfolg ein; das Mycelstückchen blieb ersichtlich noch längere Zeit am Leben. Überwachsen auf das unter ihm liegende Holz war selbst bis 20. Nov. nicht eingetreten, so daß der Versuch beendet wurde.

Versuch 6 (29. VIII —20. IX. 13). — Größere Mycelflocken auf lufttrockenes Holz in großer feuchter Kammer (2 Stück Fichtenholz) übertragen; dies nicht sterilisiert, am 26. Aug. eingelegt und nachträglich einmal kurz mit Wasser befeuchtet. Trockene Oberfläche. Aussaat: 6 Flocken Mycel aus Reincultur auf Würzegelatine (vom 6. VII. 13). — Resultat: Flocken blieben ohne Veränderung, Auswachsen nicht sichtbar; am

1) In der feuchten Kammer Harzgeruch des gekochten Nadelholzes.

3. Sept. auf zwei derselben grüner Schimmel, desgl. auf dem Holze; am 5. Sept. auf allen Flocken (mit einer Ausnahme) grüner Schimmel; am 20. Sept. waren alle mit *Penicillium* bedeckt: keine Entwicklung des *Merulius*.

Versuch 7 (1. V.—20. IX. 13). — Holzstücke feucht, steril. Aussaat von größeren Mycelstücken. — Resultat: 3. Mai Anwachsen der Aussaat, dann beginnende Verschimmelung. Am 20. Sept. alles verschimmelt. Die Aussaatstücke (ca. 1 qcm) verfallen, graugelb. Holz gesund, ohne *Merulius*-Vegetation.

Versuch 8 (15. IV.—20. IX. 13). — Als Aussaat große Deckenstücke von Agarcultur, 3 Holzproben (1 Stämmchen, auf Hirnfläche geimpft, 2 Brettstücke) durchfeuchtet, einmal aufgekocht; große feuchte Kammer). — Resultat: Kein Auswachsen, trotz Fehlens von Microorganismen. Am 20. Sept. unveränderte gelbliche Mycelstücke (Hautreste) ohne Mycelentwicklung. (Kein „Schimmel"!)

Versuch 9 (27. III.—8. IV. 13). — Als Aussaat große Deckenstücke, wie vorher; große feuchte Kammer. — Resultat: Kein Anwachsen. Gelbliches Deckenstück unverändert (microscopisch: rein, keine Bacterien usw. nach 7 Tagen). — Am 8. April Abimpfung einer Aussaatflocke auf Würzegelatine. 1 Röhrchen blieb steril, 3 zeigen Verflüssigung (Bacterien und *Penicillium*). Demnach *Merulius* tot (nach 12 Tagen). — Micr. Bild eines zerfallenen Deckenstückes s. l. c. (Jahresber. Angew. Bot. **11**, 109 [1914]).

Versuch 10 (25. VIII.—20. IX. 13); große feuchte Kammer. — 7 Stück Fichtenholz angefeuchtet, beimpft mit kleinen Deckenstücken. — Resultat: Aussaat bleibt unverändert; allmählich Schimmel (*Penicillium*, *Verticillium*, schwarzer *Aspergillus*). Nach 4 Wochen ganz mit Schimmel bedeckt, auch auf den Mycelresten.

Eine Reihe weiterer Versuche unter ähnlichen Verhältnissen mit gleichem Ausgang sei hier nur kurz zusammengestellt:

Versuch 11 (2. VII. 09—12. III. 12). — Kiefernholz. — Balkenstück im Cylinderglas von 20 cm Höhe, durchfeuchtet, eingeschliffener Glasstopfen. Mycelimpfung. — Resultat: Dürftige Entwicklung spärlichen weißen Mycels auf dem nicht angegriffenen Holz.

Versuch 12 (10. VIII. 11—11. III. 12). — Fichtenholz. — In großer feuchter Kammer 2 größere Brettstücke nach Durchfeuchtung mit Reinculturmycel beimpft. — Resultatlos. Wiederholung der Impfung am 13. IX. 11. Es kam jetzt zu kümmerlicher Entwicklung weißen, dicht anliegenden Mycels, bis auf einige Centimeter Länge. Dann fand Überhandnehmen von grünem *Penicillium* statt.

Versuch 13 (18. I. 12). — Fichte. — Gleiche Versuchsanordnung wie Nr. 2 mit Brettstücken. — Ohne nennenswerten Erfolg am 15. März abgebrochen.

Versuch 14 (18. I. 12). — Fichte. — Dieselbe Versuchsanordnung. Fichtenbrett, 2 Proben. — Resultat: Hier zunächst wieder dürftiges weißes Mycel von einigen Centimetern Durchmesser, dann Stillstand und Schimmelbildung. Abgebrochen 11. März.

Versuch 15 (22. VI. 11—11. III. 12). — Eiche und Fichte. — Dieselbe Versuchsanordnung. Je 1 Stück Eichen- und Fichtenholz. — Resultat: Ohne Erfolg, es war nur feiner grüner „Schimmel" gewachsen.

Versuch 16 (22. VI. 11—15. III. 12). — Fichte und Eiche. — Gleiche Versuchsanordnung in feuchter Kammer mit Eichen- und Fichtenbrett, beide jedoch vorher mit Wasser gekocht. — Resultat: Die Aussaatflocke lieferte zunächst ein weißes Mycel von einigen Centimetern Durchmesser, dem Holz dicht anliegend, doch nicht eindringend und bald sein Weiterwachsen einstellend. Auftreten von grünen spärlichen Schimmelbildungen. Schließlich ist nur noch *Penicillium* vorhanden.

Versuch 17 (9. I.—15. III. 12). — Eiche, Fichte, Buche. — Große feuchte Kammer, je 3 Stück Eichen-, Fichten- und Buchenholz, vorher mit Wasser gekocht, versuchsweise mit Luftmycel und Substratmycel nebst kleinen anhängenden Kartoffelstückchen geimpft. — Resultat: Ohne Entwicklung.

Versuch 18 (6. XI. 11—11. III. 12). — Fichte. — Fichtenholzwürfel, wie vorher, nach Beimpfung unter Lichtabschluß gehalten (7 Stück auf Hirnfläche geimpft). — Resultat: Es entwickelt sich macroscopisch nur grüner „Schimmel".

2. Versuche in Glaskolben mit im Dampfstrom sterilisierten Holzproben (Fichte), diese „lufttrocken" oder besonders befeuchtet, Kolben mit festem Watteverschluß, sterilisiert. Impfung mit kleinen Mycelstückchen.

Versuch 1 (13. IX.—20. X. 13). — Kolben mit 5 kleineren Holzstücken, lufttrocken, Impfung mit mehreren ca. 2 qmm großen Deckenstücken einer Agarreincultur auf Seiten- und Hirnfläche. — Resultat: Impfstücke entwickeln keine oder nur spärliche Hyphen und verschrumpfen mit einer Ausnahme in den nächsten Wochen. Dies 2×1 cm große Stück war auf den Boden des Kolbens gebracht, von ihm wuchsen alsbald zarte Fäden auf das dicht daneben liegende Holzstück über; nach ca. 2 Wochen verschrumpfte aber auch dieses, nachdem es kaum 5 mm weit sich ausgebreitet hatte. Oberfläche der Holzproben bei Versuchsabschluß ohne jede Vegetation, unverändert. Selbst vorsichtiges Betupfen mit einigen Tropfen sterilen Wassers war ohne Wirkung geblieben.

Versuch 3 (3. IX.—30. X. 13, Nr. 92—93). — 2 Kolben mit je mehreren Holzstücken, diese waren 4 Monate vorher mit Zuckernährlösung behandelt, übrigens zur Zeit der Impfung ungefähr lufttrocken. Impfung

wie Versuch 1. — Resultat: Keine der Impfflocken kam zur Entwicklung, auch nicht als am 8. Sept. steriles Wasser (3 ccm) zugesetzt war; nach 4 Wochen ist alles unverändert. — Versuchsweise wurden jetzt (3. Oct.) unter behutsamer Lüftung des Wattepfropfens ca. 20 ccm steriles Wasser zugesetzt. Der Erfolg war, daß einige Tage später Mycelien auftraten, 2 Wochen darauf waren alle Holzstücke (infolge stattgehabter Infection) mit dichter grüner Schimmelvegetation (*Penicillium*) bedeckt.

Versuch 3 (15. IX.—24. X. 13). — Hier zum Vergleich lufttrocknes steriles Holz in feuchter Luft (große feuchte Kammer); 3 Stück in PETRI-Schale im Dampf sterilisiert und so (nach Beimpfung wie vorher) in den feuchten Raum gestellt. — Resultat: Es entwickelte sich zunächst keinerlei Vegetation, Impfflocke und Holzproben blieben unverändert; bei Versuchsabschluß nur ein grüner Schimmelfleck von ca. 2 cm Durchmesser.

Zusammenfassung.

Die Versuchsergebnisse p. 58—62 zeigen eindeutig, daß wirksame Ansteckung gesunden Fichtenreifholzes durch Reinculturmaterial unter Laboratoriumsverhältnissen nicht gelingt. Im besten Falle kommt es da zu einer ausgesprochen dürftigen *Merulius*-Vegetation, die als dicht anliegendes feines weißes Mycel sich träge über einen kleinen Teil der Holzoberfläche ausbreitet, ohne solche merklich anzugreifen. Die Pilzfäden wachsen nicht oder nur unerheblich in die feinen Poren des Holzes (Faseröffnungen) hinein. Gleichgültig ist dabei, ob mit angefeuchtetem Holz im feuchten Raume oder mit lufttrockenem Holz, steril oder nicht steril, gearbeitet wird. Die Infection durch Fremdorganismen allein erklärt den Mißerfolg also nicht, er trat auch ohne solche ein.

Aus der bloßen Anwesenheit selbst großer Teile lebenden Mycels auch bei Gegebensein einer gewissen Feuchtigkeit folgt unter Verhältnissen, wie sie in diesen Versuchen vorlagen, offenbar noch keineswegs notwendig eine Ansteckungsgefahr durch Hausschwamm.

B. Infectionsversuche in feuchter Kellerluft.

Der relative Feuchtigkeitsgehalt der Kellerluft bewegte sich um 94 % herum, die Temperatur zwischen 8 und 14°[1]), zum An-

1) Genauere Angaben über Holzfeuchtigkeit, Gang der Temperatur und des relativen Feuchtigkeitsgehaltes der Luft des Versuchskellers s. p. 49 und 51.

wachsen der Impfungen reicht das aus. Um den etwaigen Einwand, daß unter künstlichen Bedingungen gezogene Reinculturen überhaupt nicht activ genug, also vielleicht für Holz nicht infectionstüchtig sein könnten, vorweg zu beseitigen, ging ich sogleich einen Schritt weiter und wählte als Impfmaterial vor allem den im Keller selbst auf Holz gezüchteten sehr üppigen jungen Rasen von Luftmycel, der die mit ihm in directe

Fig. 1. *Merulius*-Ansteckungsversuche im Keller. Wiedergabe der Versuchsanordnung (Hausschwamm-Ecke). — Hölzer in Berührung mit den Schwammrasen werden von denselben angesteckt; im Vordergrunde drei Holzstücke, auf denen die von jenen übertragenen Mycelflocken dagegen nicht anwachsen. Pag. 64 des Textes, Versuch 5, p. 67. (Stark verkleinerte Photographie; Expositionsdauer 15 Min. bei künstlichem Licht.)

Berührung gebrachten Holzstücke alsbald ansteckte[1]). Junge Flocken desselben wurden behutsam mittels steriler Platinnadel auf die zu inficierenden Holzproben übertragen, dabei die Anordnung im einzelnen mehrfach abgeändert, nachdem auch hier schon

1) Siehe p. 39 u. folg.

die ersten Versuche das Ergebnislose dieser Bemühungen gezeigt hatten. Von weizenkorngroßen Mycelstückchen ging ich allmählich bis zu solchen von über Walnußgröße über; daß die Größe der Impfflocke nicht ohne Einfluß sein könnte, war ja durchaus plausibel. Die zu inficierenden kleinen Holzwürfel oder Brettstücke lagen im Beginn zu mehreren in einer Glasschale, bedeckt durch eine gleiche, sie waren mehr oder weniger mit Wasser durchfeuchtet; der etwaige Erfolg wurde anfangs täglich controlliert, die Beobachtung dann weiterhin wochenlang fortgesetzt. Durchweg gingen hier die Mycelstückchen alsbald zu einem unscheinbaren mehr oder weniger verfärbten Rest zusammen, nur in den ersten Tagen war an ihrer Oberfläche Ausstrahlen feiner heller Fäden zu beobachten, in anderen Fällen fehlten auch diese und die Flocken gaben überhaupt kein Zeichen beginnenden Wachstums; ebensowenig ließ sich natürlich eine Wirkung auf das Substrat nachweisen, es wurde überhaupt nicht inficiert. Versucht wurde nunmehr gleiches mit frei auf dem porösen Backsteinfußboden des Kellers ausgelegten Holzstücken, die je mehrere Impfflocken empfingen; die Wirkung war aber keine andere, selbst dann nicht als schließlich die Mycelstückchen unterseits der Hölzer angebracht wurden, so daß sie zwischen diese und den feuchtkalten Stein zu liegen kamen. In einigen Fällen konnte hier allerdings festgestellt werden, daß die verschrumpften Mycelien wochenlang am Leben blieben, auch sich zarte neue Hyphen der unteren Holzoberfläche anlegten; damit war es dann aber zu Ende. Alle diese z. T. in lufttrockenem Zustande (ohne besondere Anfeuchtung) ausgelegten Versuchshölzer blieben ganz unverändert, also ohne sichtbare Vegetation, mehrfach trat früher oder später spärlicher grüner Schimmel auf der Impfflocke selbst auf.

Der vollständige Mißerfolg war zunächst um so auffälliger, als Stückchen derselben Holzmuster von dem gleichen Mycelrasen, dem die Impfflocke entnommen war, unschwer inficiert wurden; dieser wuchs unmittelbar daneben (Wiedergabe der Versuchsanordnung s. Abb. 1). Es verliert der von seinem Rasen abgetrennte Mycelteil damit also unter übrigens ganz gleichbleibenden äußeren Umständen seine Infectiosität, die Hyphen vermögen nunmehr auf dem gesunden Holz nicht mehr anzuwachsen.

Experimentelles.

Übertragung von jungem Mycel auf gesundes Holz im Keller.

Beimpft wurde in der Regel mit Stücken des im Keller üppig wachsenden schneeweißen Luftmycelrasens. Kellertemperatur bei Beginn der Versuche 5—6° (20. Nov. 1911), später bis 14° ansteigend, Luftfeuchtigkeit schwankt zwischen 90—96 %; Taupunkt bei 4,3—7°; alles gemessen unmittelbar oberhalb des Bodens, wo die Versuchsstücke lagen.

Versuch 1. Übertragung auf in Glasschalen liegendes angefeuchtetes Holz (20. XI. 11—15. III. 13). — Holzproben vorher im Laboratorium 1 Stunde in Wasser gelegt, also mäßig durchfeuchtet, oberflächlich trocken, nicht naß (ca. 3 : 3 : 5 cm Fichte, Kiefer, Eiche, Buche). Impfflocken gut weizenkorngroß, mittelst steriler Platinnadel der Hirnfläche an zwei bis drei Stellen lose angedrückt. Holzstücke jeden Versuches lagen in Glasschalen von ca. 26 cm Durchmesser, durch eine kleinere ebensolche lose zugedeckt. Geimpft wurde mit a) Reinculturmycel, b) mit jungem Mycel, von seinem natürlichen Standort im Keller; drei Glasschalen.

Nr. 1. Glasschale mit Stücken Fichten-, Kiefern-, Eichen-, Buchenholz. Übertragung von 6 Flocken Mycel des Kellerrasens.

Nr. 2. Ebenso, doch mit Mycelflocken aus junger Reincultur (auf Kartoffel).

Nr. 3. Ebenso, Wiederholung von Versuch 1.

Resultat: Nach 10 Tagen ließen sämtliche geimpften Mycelflocken noch keine Entwicklung in Gestalt auswachsender Hyphen erkennen. Auch nach 20 Tagen war der Sachverhalt wesentlich unverändert; die Flocken des Pilzes auf den Holzproben der verschiedenen Schalen wiesen microscopisch nur anfangs hin und wieder zarte auswachsende Hyphen auf, gleichgültig ob Reinculturmycel oder Mycel des Pilzes von seinem natürlichen Standort benutzt war. Die Weiterentwicklung wurde dann durch leichtes Anfeuchten von Impfflocke und Holz erfolglos zu begünstigen versucht. Nach rund 4 Wochen (17. Dec.) war der Stand nunmehr folgender:

Die Mycelflocken auf den Hölzern in den Schalen waren so gut wie unverändert; nennenswertes Auswachsen neuer Hyphen fand auch jetzt nicht statt. Die Impfungen lagen da als kleine, kaum wahrnehmbare zusammengeschrumpfte gelbliche bis bräunliche Masse; es trat jetzt mehrfach zarter grüner Schimmelanflug auf.

Auch weiterhin erfolgte keine Änderung, das Bild blieb nach Wochen und Monaten dasselbe. Abbruch der Versuche nach ca. 15 Monaten (15. März 1913). Holz ist unverändert, *Merulius*-Vegetation fehlt.

Versuch 2. Übertragung von Mycel auf frei auf dem Backsteinboden liegende Holzproben (20. XI. 11—20. II. 12). — Mycelflocke mit sterilem Platindraht vom Kellermycel entnommen, Holz-

stücke beim Beginn wie Versuch 1 mäßig durchfeuchtet (äußerlich nicht naß), direct auf dem Backsteinfußboden des Kellers liegend, jedem derselben ober- wie unterseits je eine Pilzflocke leicht angedrückt; diese kam also genau zwischen Holz und porösem Fußboden zu liegen: 10 Stück Fichtenholz, ähnlich wie oben. Kellertemperatur ca. 6°. — Resultat: Aussaatflocken zeigten macroscopisch an den folgenden Tagen keinerlei Veränderung (kein Auswachsen neuer Hyphen usw.), sie schrumpften alsbald zu kaum noch wahrnehmbaren verfärbten Resten zusammen, der Pilz war auch nach Wochen in keinem Falle zur Entwicklung gekommen, bei ganz unveränderter Holzoberfläche war noch nach 8 Wochen der Stand der gleiche.

Da hier die niedrige Wintertemperatur von Einfluß sein konnte[1]), fanden Wiederholungen im Frühjahr 1912 und später statt. Übrigens ging an anderen Orten des Raumes (so auch in Reinculturen) noch Wachstum der Mycelien vor sich.

Versuch 3. Wiederholung von Versuch 2 bei höherer Wachstumstemperatur (16. V. 12—5. III. 13). — Neun Stücke (ca. 5—8 cm lang, 2—5 cm breit, 2—3 dick) von

Fichte	3	Stück	(Brett)
„	1	„	(Stämmchen eines 8jährigen Baumes)
Kiefer	2	„	(Brett)
Buche	1	„	„
Eiche	2	„	„

Luftfeuchtigkeit bei Beginn am Hygrometer 94 %, Taupunkt 9,2, Kellertemperatur 10,5°. Holzproben unter der Wasserleitung abgespült und ca. ½ Stunde in kaltes Wasser gelegt, also mäßig durchfeuchtet. Unmittelbar nach Herausnehmen aus dem Wasser (im Keller selbst) wurde auf jedes Stück eine circa gut linsengroße direct vom Kellermycel entnommene Flocke des Pilzes so aufgetragen, daß sie halb der Hirn-, halb der Spiegelfläche auflag. Das junge Kellermycel war zu dieser Zeit besonders üppig entwickelt, ca. 1—2 cm hoch von rein weißer Farbe und erst in den letzten 2 Wochen entstanden. Holzproben lagen direct auf dem Steinfußboden. — Resultat: Nächsten Tage ohne Änderung im Aussehen des übergeimpften Mycels, keine neuen Hyphen an der Oberfläche des kaum noch wahrnehmbaren Häutchenrestes; nach 2 Wochen sind alle Holzproben wie im Anfang, das Impfhäutchen völlig geschrumpft. Außenbedingungen im Keller waren fast unverändert (noch am 30. Mai: Temperatur 11,2°, Hygrometer 90 %, Taupunkt 9,8°). Die Weiterbeobachtung während der folgenden Monate ergab nichts Neues; nach rund 4 Wochen erschienen mehrfach zarte grüne Anflüge von *Penicillium*. Die Holzstücke blieben den Winter über unverändert an Ort und Stelle; *Merulius*-Mycel trat jedoch nirgends auf. Versuchsabschluß nach ca. 9 Monaten. Resultat also völlig negativ[2]).

---

1) Über Einfluß der Temperatur s. weiter unten.

2) Die Stücke der Hölzer wurden dann direct mit dem wachsenden Rasen in Berührung gebracht; nach ca. 6 Monaten waren alle mit Ausnahme des Eichenholzes völlig morsch, dieses unverändert.

Versuch 4. Impfung jungen Mycels auf Splintholz (Fichte) (1. IV. 13). — Anordnung wie vorher. Holzproben (6 Stück, 5×3 cm ca.) liegen direct auf Steinfußboden des Kellers, 3 lufttrocken, 3 (eine Stunde lang) mit Wasser durchfeuchtet, Impfflocken von halber Kirschgröße, je 3 für jedes Holzstück, Temperatur 8,3°. — Resultat: Mycelflocken wachsen nicht an, sie zergehen allmählich zu unscheinbaren Resten. Auch nach 6 Monaten sind die Holzstücke noch unverändert, ohne jede Vegetation.

Versuch 5. Wiederholung mit größeren Impfflocken (gute Kirschgröße) auf trockenem Reifholz (30. III. 13). — Je 3—4 Impfflocken (wie vorher von jungem Mycel im Keller) wurden oben, seitlich und unterhalb der 3 Holzproben angebracht, diese liegen wie vorher direct auf Steinfußboden. — Resultat: Auf den collabierten Mycelien erschienen zunächst (nach 3 Tagen) zarte helle Hyphen, die sich aber nicht weiter entwickeln; nach 5 Tagen auf zwei Flocken zarter grüner Schimmel. 2 Wochen nach Versuchsbeginn sind die *Merulius*-Flocken auf geringe Reste znsammengegangen, Holzproben unverändert, ohne jede Vegetation; lediglich unterseits einer der Proben ist gut erhaltene Mycelflocke mit zarten neuen, der Holzoberfläche sich anlegenden Hyphen sichtbar. Weiterhin bleibt sie aber ohne Fortentwicklung, nach 5 Monaten ist das Bild der 3 Hölzer wie im Anfang (s. Abb. 1 oben, p. 63).

Versuch 6. Wiederholung von Versuch 5 mit zunehmender Impfflockengröße, (Fichte), im Keller (27. VIII. 13). — Größere Luftmycelmassen (je bis doppelt pflaumengroß) auf kellerfeuchtes Reifholz übertragen; 3 Holzproben wie vorher, ober- und unterhalb mit der Aussaat bedeckt. — Resultat: An den nächsten Tagen zeigen zwei Flocken deutliches Wachstum (Bildung neuer Hyphen), weiterhin jedoch ohne Fortschritt. Nach 4 Wochen Flocken mit zartem grünen Schimmel, Holz unverändert.

Versuch 7 (27. VIII. 13). — Übertragung älterer Mycelteile (Stücke gelblichgrauer Haut von einer Kiste, ca. 1 Jahr alt, Größe 2—4 qcm) auf Splint- und Reifholz (Fichte), direct auf Steinfußboden liegend. 3 Reifholzstücke, wie oben, vorher 1 Stunde gewässert, 3 Splintholzstücke luftfeucht (Temperatur 13,8°, Hygrometer 93,1 %). — Resultat: Alle Holzproben und Impfflocken sind nach 4 Wochen noch ohne Veränderung (letztere mit Schimmelbildung).

Versuch 8 (27. VIII. 13). — Wiederholung von Versuch 7 mit kleinen Haut- und Strangresten vom Kellerfußboden (1—2 cm groß) in derselben Anordnung, auf Kellerfußboden. — Resultat: Nach 4 Wochen noch unverändert, keinerlei Vegetation.

Versuch 9 (27. VIII. 13). — Gleiche Anordnung wie Versuch 7 und 8 (mit kleineren Haut- und Strangresten) doch hier vergleichsweise in großer feuchter Kammer im Laboratorium. — Resultat: In den ersten Tagen Ausstrahlen feiner Hyphen, die aber keine Weiterentwicklung zeigen; nach 4 Wochen unverändert, keinerlei Vegetation.

Zusammenfassung.

Versuche 1—6 ergeben, daß gesunde Holzproben auch unter den Bedingungen des Kellerraumes durch abgetrennte lebende Teile des jungen Mycels nicht angesteckt werden), diese wachsen trotz der vorhandenen erheblichen Luftfeuchtigkeit nicht an, sondern gehen früher oder später unter Verschrumpfen zugrunde. Weder auf dem lufttrockenen noch auf den durchfeuchteten Holzproben finden sie da die für ihre Weiterentwicklung erforderlichen Bedingungen; im günstigsten Falle entstehen, zumal aus größeren Impfflocken, in den nächsten Tagen spärliche sich der Holzoberfläche anschmiegende neue Hyphen, in keinem Falle vermochte der Pilz aber, selbst bei relativ großen Aussaatmengen, festen Fuß zu fassen.

Ältere Mycelteile verhielten sich nicht anders als die jüngsten (Versuch 7), selbst die zwei Versuche mit kleineren Strangteilen (Versuch 8—9) gaben kein anderes Resultat. Diese Frage halte ich damit jedoch noch nicht für erledigt, das Ergebnis ist hier nur ein vorläufiges und kann lediglich zeigen, daß selbst die Infectionsbedingungen für Strangbildungen nicht ohne weiteres zu treffen sind; unbedingt infectionsfähig sind auch sie nicht [1]).

Weiterhin werde ich zeigen, daß dagegen sterile, gut durchfeuchtete Holzproben sowohl im Keller wie im Laboratorium durch Reincultur- wie durch Kellermycel angesteckt werden.

2. Die Ursache des Mißerfolges der Mycelimpfungen.

Die früher geschilderten Ergebnisse waren mir — wie ich offen gestehe — unerwartet. Lebende Hyphen des *Merulius*-Mycels vermochten bei Übertragung auf notorisch leicht angreifbares Fichtenholz eigenartigerweise dies weder im Laboratorium (feuchte Kammer) noch in der gleichmäßig temperierten wasserdampfreichen Luft des Versuchskellers anzustecken. Höhere Luftfeuchtigkeit genügt also nicht zum Anwachsen, sie scheidet als Vorbedingung zunächst ganz aus. Daß die übertragenen Mycel-

1) Einstweilen konnte ich weitere Versuche nicht ansetzen, bin aber der Meinung, daß durch Stränge des Pilzes, sofern für sie die richtigen Bedingungen zur Entwicklung ausstrahlenden Mycels getroffen werden, zweifellos Ansteckung erfolgt.

stücke wirklich entwicklungsfähig sind, wird übrigens durch sofortiges Anwachsen von Probeimpfungen in Zuckerlösung, auf Würzegelatine usw. erwiesen, es fragt sich somit nur, welche besonderen Hemmungen da speciell auf der Holzoberfläche vorliegen. Durch den Act des Abzupfens der Mycelflocke vom Luftrasen der Reincultur oder des Kellers wird diese allerdings schädlich beeinflußt, die vorher voluminöse watteartige Masse fällt zu einem Häutchen zusammen, gleiches trifft bei Übertragung kleiner Deckenstücke etwa aus Agarculturen dagegen kaum zu. Für beide ergibt sich aus der Trennung und Versetzung unter die neuen Verhältnisse aber ein und dasselbe störende Moment: es wird ihre gesamte Ernährung zunächst unterbunden; zu der gewaltsamen mechanischen Störung des Wachstums tritt als wesentlich die Hemmung infolge Aufhörens des bisherigen Zuflusses von Nährstoffen incl. Wasser, der ja für die Flocke des Luftrasens jedenfalls von principieller Bedeutung ist. Durch Entwicklung neuer junger Hyphen muß sie auf dem veränderten Substrat sich festsetzen, sich „einrichten“ („Incubation“); die Tatsachen zeigen, daß ihr das unter den gewählten Verhältnissen im allgemeinen nicht oder doch nur recht unvollkommen gelingt.

Dafür sind zwei Erklärungen naheliegend: 1. Wassermangel auf relativ trockenem Holz (20—30% Wasser); er kann durch hohe Luftfeuchtigkeit nicht ausgeglichen werden; 2. Störung durch die nachweislich auf feuchtem Holz und auch auf den abgerissenen Mycelstücken aufkommenden anderweitigen Microorganismen, durch welche also die Entwicklung neuer Hyphen ganz verhindert oder — wie das viele Experimente ohne weiteres zeigen — alsbald merklich gehemmt wird. Die weitaus überwiegende Mehrzahl der negativen Ergebnisse wird durch diese zwei Momente m. E. befriedigend erklärt, Schwierigkeiten bleiben nur für einige ganz bestimmte Fälle, die ich hier zunächst übergehe (Versuche in großer feuchter Kammer). Beide Punkte sind näherer experimenteller Prüfung zugänglich. Genügender Wassergehalt des Holzes müßte demnach unbedingt zum Anwachsen der Impfung, also zur Ansteckung führen, sofern dabei Microorganismen streng ausgeschlossen werden, d. h. nasses steriles Holz müßte hierfür die richtigen Bedingungen bieten. Dem ist, wie sich zeigte, in der Tat so.

Manche der resultatlosen Versuche mit „feuchtem“ Holz sprechen zunächst scheinbar gegen diese Annahme, seine Oberfläche bleibt oft ohne Schimmelbildung, also ohne sichtbare Vegetation. Auftreten von Mycelpilzen schädigenden Characters ist nun aber lediglich ein specieller Fall, im allgemeinen findet oberflächliche Schimmelbildung auch erst zeitlich später statt, die erste Entwicklung der *Merulius*-Aussaat wird vielmehr durch die dem bloßen Auge meist nicht sichtbare Microflora der feuchten Holzoberfläche verhindert, und zwar sind es vorzugs-

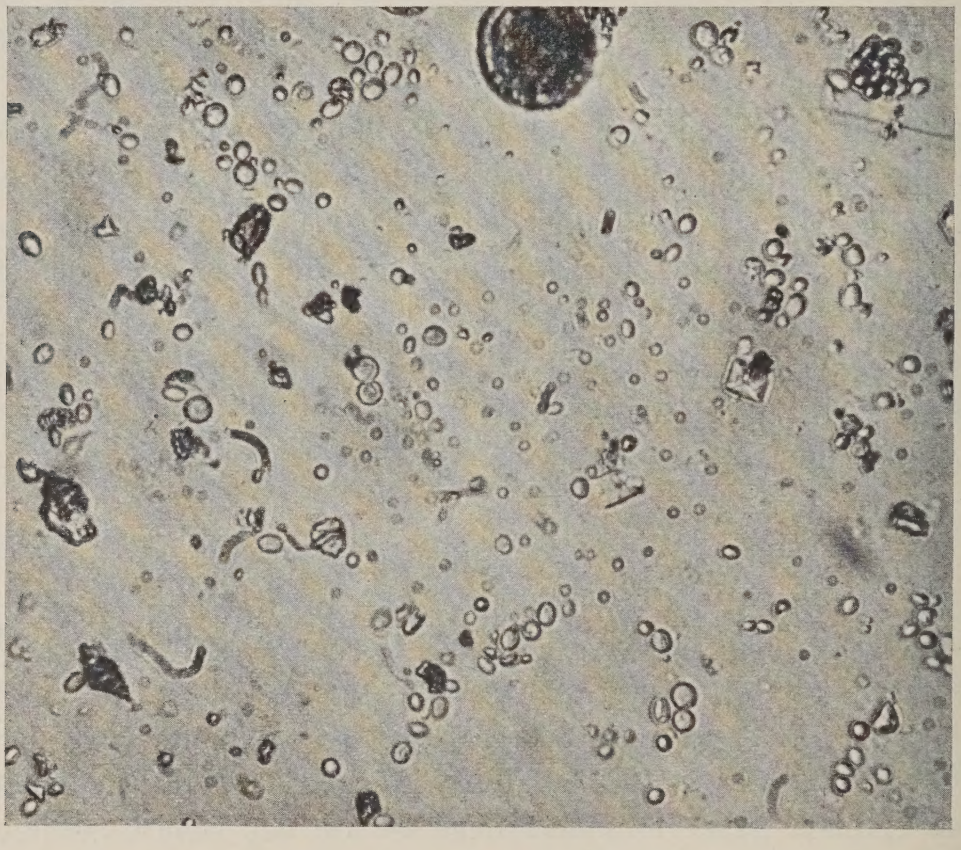


Fig. 1. Microvegetation von der Oberfläche befeuchteten Fichtenholzes nach 3 Tagen. Neben vereinzelten noch ungekeimten Schimmelpilzconidien, Bacterien u. a. hauptsächlich in lebhafter Vermehrung begriffene wilde Hefen. Vergr. ca. 560 ×.

weise Hefen und Bacterien, welche auf Kosten der spärlichen gelösten Nährstoffe des „Holzsaftes“ rasch zu einer überhand nehmenden Vegetation kommen. Gewöhnlich erst nachher folgen ihnen dann die Schimmelformen (*Penicillium, Verticillium, Mucor* u. a.). Man stellt das unschwer an microscopischen Präparaten der abgeschabten feuchten Holzflächen, soweit sie noch keinerlei sichtbare Vegetation aufweisen, fest; sie wimmeln ins-

besondere von Hefen; dementsprechend zeigt ja auch ein Holzauszug (Fichte) schon nach wenigen Tagen Trübung und Gasbildung (Gärung). Mit den hierbei erzeugten Producten dürfte die Schädigung der *Merulius*-Fäden in erster Linie zusammenhängen, weitere Ermittelungen haben an diesem Punkte einzusetzen.

Daß andererseits nun auf sogen. lufttrockenem Holz[1]) das übertragene *Merulius*-Mycel auch ohne irgendwelche Mitwirkung von Fremdkeimen abstirbt, beweist die microscopische wie culturelle Untersuchung desselben; gefertigte Präparate zeigten Zerfall der Hyphen unter Zusammenballen des verfärbten Plasmas zu unregelmäßigen gelblichen Massen[2]) und allmähliches Verschwinden der Membran (Verschleimung), Fremdorganismen fehlen; Abimpfungen auf Würzegelatine blieben dementsprechend zunächst steril, erst später (nach Wochen) wachsen hier Bacterien und Schimmelformen unter Verflüssigung der Gelatine an. Die abgestorbene Hyphe unterliegt unter nicht ganz streng sterilen Verhältnissen (große feuchte Kammer, an feuchter Luft) natürlich der biochemischen Zersetzung.

Es bleibt somit jetzt der Beweis zu liefern, daß die gleichen Impfungen mit Mycelflocken, wie sie vorher im Laboratorium wie Keller mit lufttrockenem oder feuchtem Holz resultatlos versucht wurden[3]), auf notorisch wasserreichem und keimfreiem Holz gleicher Art regelmäßig zur Ansteckung desselben führen. Da auf „lufttrockenem“ Holz auch in feuchter Luft keine nennenswerte Weiterentwicklung der kleinen Mycelflocke erfolgt, stelle ich mir vor, daß bei *Merulius* als Bedingung hierfür mindestens eine gute Durchtränkung der Faserwände mit flüssigem Wasser zu fordern ist, solches damit also den sie berührenden Pilzhyphen osmotisch zugänglich wird: Wasseraufnahme als Bedingung ähnlich wie bei der Samenkeimung; Quellung und

---

1) Ist für mich stets Holz mit dem wechselnden Feuchtigkeitsgehalt der Luft (hygroscopisches Wasser), gegenüber dem besonders befeuchteten, also poröses Wasser enthaltenden.

2) Microphotographie einer solchen zerfallenden Flocke gab ich in Jahresber. Angew. Botan. 1913, **11** [1914], 109, wo gleichzeitig andere Fragen kurz erörtert sind.

3) S. oben p. 57 u. f.

Auswachsen erst nach Befeuchtung[1]). Tatsächlich hat ja auch der durch Abreißen verletzte Mycelteil schon einen Wasserverlust erlitten, sein Turgor schwindet, Nachschub findet nicht mehr statt, Verdunstung dauert dagegen an.

Dementsprechend wurden die weiteren Experimente nun sämtlich mit gut durchnäßten Holzstücken gemacht. Diese wurden zunächst durch ca. 1-stündiges Einlegen in Wasser durchfeuchtet, dann aber in jeden Culturkolben (nach Einbringung der Holzteile) noch so viel Wasser gegeben, daß auch nach einmaliger Erhitzung im strömenden Dampf davon (nach Aufsaugen durch das erkaltende Holz) eine dünne, den Boden ca. 3—4 mm hoch bedeckende Schicht übrigblieb, welche andauernde Durchfeuchtung gewährleistete.

Lufttrockenes Fichtenholz vermag bekanntlich bis zur Sättigung ein großes Wasserquantum aufzunehmen; durch entsprechende Versuche wurde festgestellt, daß 10 g meiner Holzstücke im geschlossenen Kolben beim Erhitzen im Dampf bis zu ca. 10 g Wasser glatt aufsaugen, Stücke mit 30, 50 und 80% flüssigen Wassers[2]) erschienen noch keineswegs besonders „naß". Es ist klar, daß bei allen derartigen Versuchen überhaupt der genaue Feuchtigkeitsgehalt des Holzes zu berücksichtigen, also besonders zu bestimmen ist; Bezeichnungen, wie „lufttrocken", „feucht" usw. sagen bei ihrer Unbestimmtheit wenig aus, „lufttrockene" Proben selbst derselben Holzart unter ganz gleichen äußeren Verhältnissen besitzen oft recht ungleichen Wassergehalt, sowohl bei Zimmertemperatur wie in Kellerluft, die Schwankungen können bis 100% betragen[3]).

Damit komme ich zum Beweis für die angegebene Tatsache.

3. Einfluß des Sterilisierens.

Der wachsende unverletzte Rasen des *Merulis* inficiert bekanntlich auch nichtsteriles feuchtes Holz, der von ihm abgetrennte kleine Mycelteil dagegen mit Sicherheit nur

1) Einige Pilze machen davon eine Ausnahme, so z. B. *Aspergillus glaucus*, der Conidienkeimung und Mycelentwicklung ohne besondere Wasserzufuhr zeigt.

2) Frisches Holz enthält bekanntlich bis zu 100% seines Gewichtes an Wasser.

3) Einige Zahlen dafür s. p. 51.

absolut steriles. Diese Versuche wurden in der Hauptsache wieder im Laboratorium mit Reinculturen angestellt, sie erhärten übrigens weiterhin, daß das hier gezüchtete Mycel dem auf Holz im Keller wachsenden an Infectiosität keineswegs nachsteht. Dazu wurden die mit passenden Stücken des gleichen Holzes beschickten, meist durch festen Wattepfropf in üblicher Weise verschlossenen Glaskolben stets dreimal je 20 Minuten im strömenden Dampf gehalten und nach Erkalten mittels Platinnadel durch weizenkorngroße Mycelflocken (Kartoffel- oder Agarcultur) beimpft. Durchfeuchtung des Holzes geschah in der Regel durch zuvoriges ca. $^1/_2$- bis 1stündiges Eintauchen in Wasser unter künstlicher Beschwerung. Außerdem wurde, wie schon hervorgehoben, so viel Wasser in die Kolben gegeben, daß der Boden noch nach dem Erhitzen einige mm hoch bedeckt war. Nur einmaliges Dämpfen ist unzureichend, es vernichtet im allgemeinen zwar Hefen und „Schimmelpilze", doch nicht sporenbildende Bacterien.

Parallel neben den sterilisierten gingen stets nichtsterile Versuche, bis in alle Einzelheiten sonst ganz gleicher Anordnung (also auch mit gleichem Watteverschluß usw.). Daß der Ausfall dieser letzteren mit den früher [1]) beschriebenen in der Hauptsache übereinstimmte, sei nur beiläufig erwähnt; die *Merulius*-Flocke ging hier entweder nicht an, sichtbare Vegetation fehlte also überhaupt, oder sie bedeckte sich in den nächsten Tagen mit zarten, langsam auf die Substratoberfläche übergreifenden hellen Fäden, deren Weiterentwicklung dann aber unter gleichzeitigem Aufkommen macroscopischer Schimmelvegetation bald stillstand; nicht einer dieser verschiedenen unsterilisierten Versuche lieferte reine, vollständige Überzüge von *Merulius*-Rasen oder gar Vermorschung der Holzproben. Ebensowenig ergab aber einer der gut sterilisierten Kolben negatives Resultat, in allen kam es zu einer die Holzstücke gleichmäßig überziehenden reinen *Merulius*-Vegetation mit nachfolgender Zersetzung der Holzstücke in von den besonderen Umständen abhängiger Intensität. Fichtenholz wird — beiläufig — auch nach dreimaliger Behandlung im Dampfcylinder kein für die Pilzentwicklung ungünstiger Boden sondern bleibt in dieser Beziehung völlig unverändert [1]).

1) S. p. 58 u. f. — Schädlichkeit von Schimmelpilzen und Bacterien hebt auch schon C. Mez hervor (Der Hausschwamm 1908, 45).

Solche Aussaaten auf Holz wachsen in Laboratoriumsversuchen durchweg zunächst nur langsam, das erste Ausstrahlen der Hyphen vollzieht sich zögernd in Tagen, später wächst das Tempo, aber Wochen sind gewöhnlich zur allmählichen Ausdehnung über das ganze Substrat erforderlich. Aber auch in Kellerversuchen geht die Ansteckung durch den wachsenden Luftmycelrasen keineswegs von heute auf morgen. „Holz" an sich ist ja keineswegs ein ideales Substrat für den Hausschwamm Würzegelatine, gekochte Kartoffeln u. a. sind merklich besser; gerade dieser Umstand läßt auch Störungen von außen doppelt ins Gewicht fallen. Schlagende Resultate treten bei Versuchen im Kleinen erst nach Wochen und selbst Monaten scharf hervor. Diese Versuche ergaben eine weitere wichtige Feststellung, die Beschaffenheit des Holzes betreffend. Es führt nämlich das reine Anwachsen des *Merulius* auf sterilem Holz keineswegs stets zu üppigen Culturen, im Gegenteil sind die erzielten Vegetationen bisweilen sehr dürftig; im ungünstigsten Falle liegen sie nur als feiner spinnewebiger Überzug auf dem Substrat, in anderen Fällen entstehen dagegen die bekannten hohen schneeweißen, watteartigen Mycelien. Nur in letzterem Falle constatiert man auch eine stark zersetzende Wirkung, indes kümmerliche Vegetationen das Substrat nicht oder nur schwach angreifen. Als ich die ersten derartigen Beobachtungen machte, war mir die eigentliche Ursache dieser sonderbaren Verschiedenheiten begreiflicherweise zunächst nicht recht erklärlich, sie konnte nur in der Art des verwendeten Holzmaterials liegen, welches im Verlaufe der Arbeit zu verschiedenen Zeiten nach Bedarf bezogen wurde. In der Regel wurde altes Reifholz (Bretterholz des Tischlers) benutzt; sein Gehalt an wasserlöslichen Nährstoffen ist notorisch ein geringer und es liegt offenbar nahe, das dürftige Aussehen der Pilzvegetetionen damit in Verbindung zu bringen; selbst wenn man annehmen will, daß die „Fichtenholzcellulose" für *Merulius* ein guter

1) Bei R. Falck findet sich die Angabe, daß beim Sterilisieren von Nadelholz ranzig riechende freie Fettsäuren entstehen, welche die Pilzentwicklung verhinderten („*Merulius*-Fäule" 1912, p. 304); vermutlich handelt es sich um schlecht sterilisierte Versuche, in denen dann Hefen, Essigbacterien u. a. aufkamen, und dieser Geruch wird nun der Wirkung des Sterilisierens zugeschrieben. Übrigens zeigt jene Angabe eine bedauerliche Unkenntnis der Holzchemie.

Nährstoff (C-Nahrung) ist, kann nur bei hinreichender Versorgung mit Stickstoffverbindungen und löslichen Mineralsalzen (Alkaliphosphat, Magnesiumsulfat) ein üppiges Gedeihen erwartet werden.

Die eingeleitete experimentelle Prüfung der Frage ergab dann das Zutreffen dieser Annahme, der ungleiche Ausfall der Culturen hatte tatsächlich seinen Grund in der Ungleichwertigkeit des Holzsubstrates; es machte also Tränkung mit einer geeigneten Pilznährlösung altes Fichtenreifholz zu einem der günstigsten Nährböden, man erhält Culturen von üppigster Beschaffenheit. Vorhandensein besonderer gelöster Nährstoffe — — auch solcher Kohlenhydrate — ist für die Entwicklung unseres Pilzes und die Intensität seiner Wirkung auf die Holzsubstanz somit von erster Bedeutung (s. p. 77). Ich gebe hier zunächst das Experimentelle über die Wirkung des Sterilisierens.

Experimentelles.

Für alle Culturen gilt gut durchfeuchtetes Holz (Wassergehalt gegen 100%), Boden des Kolbens außerdem mit einer ca. 3 mm hohen Wasserschicht bedeckt. Impfung aus Reincultur.

Versuch 1 (28. III. 12; Nr. 69—72). — 4 große ERLENMEYER-Kolben, je mit 5—6 Stücken Fichten-Reifholz (ca. 4—6 × 1—2 cm); davon 2 sterilisiert, 2 nicht sterilisiert. Beimpft mit Mycelstücken aus einer Würze-Agarcultur (je ca. 3 qmm groß). — Resultat: Aussaat wuchs binnen 3 Tagen in allen 4 Kolben an, bedeckte sich also mit neuen hellen Hyphen. Gleichmäßige Weiterentwicklung dann aber nur in den sterilisierten Kolben (Abb. s. Fig. 3—4, Taf. I):

Versuchsnummer	Nach 4 Wochen	Nach 12 Monaten (eingetrocknet)
Nr. 1 (69) } nicht „ 2 (70) } sterilisiert	Holzstücke ohne besondere macroscop. Vegetation	Holzstücke unverändert, trocken, ohne sichtbare Vegetation
„ 3 (71) } discont. „ 4 (72) } sterilisiert	Holzstücke von feinen Mycelien überzogen	Zartes grauweißes Mycel spinnwebig alle Holzstücke überziehend, diese macroscopisch wenig verändert (z. T. Oberfläche schwach angegriffen)

Versuch 2 (15. II.—14. III. 12; Nr. 48—49). — Altes Fichtenholz. 6 Einzelversuche (4 ERLENMEYER-Kolben unter Watte, 2 mit Papier bedeckte weithalsige Gläser), Brettstücke je 8 × 3 × 2 cm, sämtlich

mit großer Mycelflocke aus derselben (Kartoffel-)Reincultur beimpft. 3 vorher im Dampf sterilisiert, 3 unsterilisiert. — Resultat: Auf den nicht sterilisierten Stücken wächst die Aussaatflocke nur in einem der 3 Versuche zu dürftigem, dicht anliegendem Mycel aus, nach 4 Wochen ca. 2 cm Dm., in den 2 anderen keine Entwicklung, einer dieser macroscopisch mit reichlich *Penicillium*.

In allen 3 sterilisierten Versuchen wuchs die Aussaat zu einem ausgebreiteten, etwas spärlichen Mycel heran. Die Holzstücke sind hier bei Abschluß nach ca. 4 Wochen schwach, aber gleichmäßig überwachsen.

Versuch 3 (3. I.—10. II. 12; Nr. 26, 27, 44). — Altes Fichtenholz, unsterilisiert. 6 ERLENMEYER-Kolben, 4—6 Holzstücke in jedem Kolben; jeder derselben erhält ca. 2—4 Impfflocken. 2 Kolben im Eisschrank bei 8°, 4 im Laboratorium. — Resultat: In keinem der 6 Versuche nennenswertes Auftreten von *Merulius*. Die Aussaatflocken entwickelten sich (mit Ausnahme auf einem Holzstückchen spärlich) überhaupt nicht weiter, es traten auf ihnen später in allen Fällen grüne Schimmelformen auf, die meist weiter über das Holz um sich griffen.

Versuch 4 (15. III. 12; Nr. 57—60). — Unvollkommen sterilisiert; versuchsweise nur einmaliges Erhitzen im Dampfcylinder (statt 3malig an 3 verschiedenen Tagen). Altes Fichten-Reifholz. 4 Gläser, je mit 3 durchfeuchteten Holzstücken (ca. 5 × 2 × 2 cm). — Resultat: Nach 8 Tagen waren 3 Versuche noch ohne sichtbare Vegetation, im 4. strahlt von der Impfflocke helles zartes Mycel über das Holz aus. Die microscopische Untersuchung der ersten drei ergab, daß die Oberfläche dieser Holzstückchen dicht mit Bacterien und Hefen bedeckt war, abgeschabte Präparate wimmelten zumal von stäbchenförmigen sporenbildenden Bacterien.

Nunmehr wurden die Kolben vorschriftsmäßig sterilisiert (3mal, wie sonst) und neu beimpft (23. III). Jetzt sichtbares Anwachsen aller Impfflocken, nach 7 Tagen sind in allen Versuchen zarte Mycelien bis 2 cm im Dm. vorhanden, die sich weiterhin langsam über das Holz ausbreiten. Nach 3 Monaten sind die Holzstücke von einem feinen Mycelschleier überzogen, übrigens noch unverändert: 6 Monate später eintrocknend, oberflächlich kaum oder nur schwach angegriffen.

Versuch 5 (18. I. 12; Nr. 39—40). — Fichten-Zweigholz, vergleichsweise sterilisiert und nicht sterilisiert, 4 Kolben, je 4—6 Holzstückchen (5 × 1 × 1 cm), anderes wie oben. — Resultat:

	Nach 3 Monaten
Nr. 1, 2 sterilisiert	Schneeweiße *Merulius*-Rasen, gleichmäßig die Holzstücke überziehend
„ 3, 4 nicht sterilisiert	Impfflocken zu kleinen Mycelien heranwachsend, dann verkümmernd, nur noch in spärlichen Resten sichtbar. Reichlich grüne und braune Schimmelbildung

Versuch 6 (22. II.—15. III. 12; Nr. 50). — Kiefernholz, unsterilisiert (hier außerdem Tränkung mit 3%iger Zuckernährlösung), Watteverschluß. 2 Kolben, je mit 2 Holzstücken (10 × 3 × 2 cm). Darunter 1 Becherglas mit Fließpapier bedeckt, sonst genau wie die 2 Kolben. Impfung mit Reincultur wie sonst. — Resultat: Die *Merulius*-Flocken wuchsen zunächst schwach an, bald überzog sich das Holz jedoch in allen Fällen mit grüner Schimmelvegetation (*Penicillium*), nach 3 Wochen sind nur auf 2 Holzstücken kleine Rasen von *Merulius* (ca. 1 cm Dm.) vorhanden, die keinen weiteren Umfang annehmen. Schließlich völliges Verschimmeln.

4. Tränkung des Holzes mit Nährstoffen

(Taf. II, Fig. 1—2).

Vor Einbringung in die Culturkolben wurden die Holzstückchen ca. 30 Minuten in eine $^1/_2$%ige Lösung anorganischer Nährsalze ($^1/_2$ Kaliumphosphat, $^1/_4$ Magnesiumsulfat, 1 Ammonnitrat) eingetaucht, für andere Versuche wurde auch eine vollständige Zuckernährlösung (wie vorher, mit 5% Dextrosezusatz) benutzt. Alles übrige (Sterilisieren, Impfen usw.) wie sonst; ebenso verlief auch die erste Entwicklung der Impfflocken. Der Einfluß der Nährstoffzufuhr auf den weiteren Verlauf trat dann aber besonders bei den mit vollständiger Nährlösung getränkten stark hervor. Taf. II, Fig. 1 gibt das Aussehen zweier solcher (von vier übereinstimmenden Kolben) nach einigen Wochen wieder, die zwei getränkten hatten das bekannte hohe watteartige Mycel in üppiger Entfaltung, die zwei anderen die frühere Hungervegetation, also nur locker sich über die Holzstücke ausbreitende helle Mycelien. Der Unterschied dieser Versuche stellt die Dürftigkeit des reinen Holzsubstrates (ohne Berücksichtigung seiner wasserlöslichen Bestandteile) ins rechte Licht; nicht die Substanz der Holzwände, sondern leicht lösliche Kohlenhydrate sind offenbar für *Merulius* die günstigste Nahrung. Etwas minder wirkungsvoll war die Tränkung mit der bloßen Salzlösung, wennschon auch da ein deutlicher Unterschied gegen die nicht behandelten Holzstücke sichtbar war.

Von wesentlichem Interesse ist nun aber die Tatsache, daß allein in den — zumal mit Zuckerlösung — getränkten Versuchen auch eine prompte Zerstörung des Holzes stattfand, also nicht bloß Ansteckung, sondern auch intensive Zersetzung;

nur der üppig entwickelte, gut ernährte Pilz führt diese durch.

Beim Eintrocknen der beendeten Versuche war das Holz der Vergleichsversuche oberflächlich leicht verfärbt, kaum verändert oder nur auf 1—2 mm tief weich (morsch), Außenschicht ließ sich mit der Messerklinge abkratzen; die mit den verfallenen Mycelwatten bedeckten getränkten Holzstücke zeigten dagegen braune Verfärbung neben starker Vermorschung durch die ganze Substanz, ihre Oberflache war mit zahlreichen der characteristischen Schwindrisse bedeckt; hier im kleinen also genau die Wiederholung der sog. Würfelbildung, wie sie die natürliche Ansteckung und Zersetzung im großen zeigt. Taf. II, Fig. 2 gibt die Versuche in diesem Zustande nach rund einem Jahre wieder.

Oberflächliche Schwindrißbildung kam auch bei den mit Salzlösung getränkten Stücken gut heraus, bei den nicht behandelten war solche höchstens angedeutet (vereinzelte Sprünge beim Austrocknen). Gleiche Unterschiede lieferten auch zwei Versuche im Keller, d. h. bei 6—14°.

Umgekehrt muß nun vorheriges wiederholtes Auskochen des Holzes den Boden für unseren Pilz offenbar noch ungeeigneter machen; solche Versuche geben tatsächlich nur ganz dürftige Vegetationen, ohne besonders wahrnehmbare Veränderung der Holzstücke. Das Anwachsen der Impfflocke unterscheidet sich kaum von dem auf günstigem Substrat, weiterhin breiten sich aber nur dichtanliegende grauweiße Hyphen spinnwebartig über die Hölzer aus; auch nach Monaten ist das Bild der Culturversuche kein anderes, es entspricht ungefähr dem, wie es die ungünstigsten Versuche mit altem Reifholz ergeben. — Trotz des anhaltenden Auslaugens bleibt hiernach immerhin noch so viel an gelösten Nährstoffen zurück, daß wenigstens eine dürftige Pilzentwicklung möglich ist. Für die Beurteilung des „Flößholzes“ ist das nicht ganz ohne Interesse (vgl. Mez, l. c. p. 235).

Experimentelles.

Versuche unter Watteverschluß, nach 3maligem Dämpfen mit Mycelflocke aus Reincultur beimpft, Holzproben teilweise vorher mit Nährlösung behandelt (Dextrose 5%, Ammonnitrat-Nährlösung 0,5%; halbstündiges Einlegen des Holzes), Wasserschicht wie oben angegeben.

Versuch 1 (14. XII. 11; Nr. 10—11). — 4 Kolben, Volum à 500 ccm, je mehrere Stücke Fichten-Reifholz (ca. 5 × 1 × 1 cm); 2 Kolben mit Nährlösungstränkung der Holzstücke, 2 ohne solche. — Resultat: Impfflocke wuchs in allen 4 Versuchen rein an, weiterhin folgendes Bild:

Versuchsnummer	Nach 4 Wochen	Nach 3 Monaten	Nach 12 Monaten
Nr. 1, „ 2 } ohne Tränkung	Kleine helle dichtanliegende Mycelien auf Oberfläche	Wie vorher, ohne merkliche Weiterentwicklung	Die zarten Mycelien eingetrocknet, Holz wie im Beginn, unverändert.
„ 3, „ 4 } mit Nährlösung getränkt	Hohes watteartiges Luftmycel füllt die Kolben an, die Holzteile völlig einhüllend	Watteartiges Mycel wie vorher, feine helle Stränge an Glaswänden	Mycel zusammengefallen, Holzstücke mit Schwindrissen, morsch.

Abbildung dieser Versuche bei Beginn und Ende s. Taf. II, Fig. 1—2.

Versuch 2 (9. I.—31. XII. 12; Nr. 34). — 8 Kolben im einzelnen wie Versuch 1, davon das Holz in 4 Kolben mit Nährlösung behandelt. 4 Fichte, 2 Buche, 2 Eiche, je 3—5 kleinere Stücke. — Resultat: Überall reines Anwachsen der Impfung, dann Unterschiede ähnlich wie in Versuch 1. Nach 3 Monaten:

	Getränkt	Ungetränkt
Nr. 1, „ 4 } Fichte „ 5—6 = Eiche „ 7—8 = Buche	Holzstücke der 4 Kolben von dichtem schneeweißen Mycel eingehüllt	Auf Holzstücken dürftige dünne Mycelien (nur Eichenversuch besser)

Versuch 4 (28. X. 11—15. III. 12; Nr 44—49). — 6 Culturröhrchen (3 Eiche, 3 Fichte) mit je 1 cylindrischem Holzstück (7 × 1,5 cm), durchfeuchtet.

Nr. 1 Eiche ungetränkt — Nr. 4 Fichte ungetränkt
„ 2 „ „ — „ 5 „ „
„ 3 „ getränkt — „ 6 „ getränkt.

Resultat: Nr. 1—5 lieferten nur dürftige Entwicklung; Nr. 6 allein mit dichtem schneeigen *Merulius*-Mycel, das Holz dicht einhüllend.

Versuch 5 (11. VIII. 11—12. III. 12; Nr. 50—53). — 4 Culturröhrchen, Einzelheiten wie in Versuch 4.

Nr. 1 Fichte ungetränkt — Nr. 3 Fichte getränkt
„ 2 „ „ — „ 4 Eiche ungetränkt.

Resultat ähnlich dem vorher. Auf den Hirnflächen der nicht behandelten Stücke entwickelte sich überall nur dürftiges zartes Mycel, ohne weiter um sich zu greifen, das getränkte Stück (Nr. 3) überzieht sich dagegen ganz mit weißem Luftmycel des *Merulius*.

Versuch 6 (23. I. 12; Nr. 43). — Fichten-Reifholz. Zur Tränkung nur Mineralsalzlösung. 2 Kolben, je mit 3 Holzproben (ca. $5 \times 1 \times 1{,}5$ cm). — Resultat: Im Aussehen beide Versuche ziemlich gleich; auf den Holzstücken nur spärliche *Merulius*-Vegetation auch noch nach 10 Wochen. Beim Eintrocknen nach ca. 11 Monaten zeigt sich das Holz oberflächlich morsch, kleine Schwindrisse auf den Stücken.

Versuch 7. — Wiederholung von Versuch 6. 2 Kolben wie dort; getränkt. Fichten-Reifholz. — Resultat: Auffälliger als in Nr. 6. Ein Kolben nach 4 Wochen mit hohem weißen Luftmycel, im anderen nur niedriger Überzug.

Versuch 8 (22. III.—24. X. 13; Nr. 90—91). — Ausgekochtes Fichtenholz. Je 3 Stücke in 2 ERLENMEYER-Kolben unter Watteverschluß usw. wie sonst. Vorher sechsmal $^1/_2$ Stunde mit je 200 ccm Wasser ausgekocht. — Resultat: Anwachsen der Impfungen ohne Schwierigkeit, wie sonst. Alle Holzstücke überziehen sich mit grauweißem, sehr lockerem dichtanliegenden *Merulius*-Mycel, das aber auch nach 7 Monaten nur einen feinen spinnwebigen Überzug bildet. Aussehen der Holzstücke unverändert, ohne Schwindrisse beim Eintrocknen usw.

Kurze Zusammenstellung von Versuchen (Fichten-Reifholz).

Behandlung	Aussehen der Versuche nach 10 Wochen	Aussehen der Versuche nach 10 Monaten	Beschaffenheit des Holzes
I. getränkt Nr. 1 (58) „ 2 (59) „ 3 (49) „ 4 (56) „ 5 (57)	Holzstücke mit dichtem schneeweißen Luftmycel völlig bedeckt, unter demselben nicht mehr sichtbar	Mycel hoch emporgewachsen (z. T. schon vertrocknet), gelblich bis bräunlich	Tief eindringend zersetzt, mit Schwindrissen, verfärbt
II. nicht getränkt Nr. 6 (62) „ 7 (63) „ 8 (47) „ 9 (48)	Dürftiges spärliches Mycel die Holzstückchen überziehend	Nur auf den Holzproben selbst dünnes Mycel	Nach Aussehen wenig verändert, Oberfläche etwas verfärbt, z. T. 1—2 mm tief morsch
III. ausgekocht Nr. 10	Sehr dürftiges Mycel auf den Holzstücken, sie gleichmäßig überziehend	Holzstücke von lockerem, grauem, spinnwebigem Mycel überzogen	Ohne merkliche Veränderung

5. Einfluß niederer Temperatur.

Man könnte vielleicht versucht sein, an dem früher mitgeteilten negativen Ausfall der Übertragungen im Keller auch der zeitweise sehr niedrigen Versuchstemperatur einen gewissen Anteil beizumessen, das trifft aber nicht zu. Auf sterilen nassen Holzproben unter Watteverschluß geht die Impfung selbst bei nur 6—7° noch an, allerdings besonders langsam (in Wochen), übrigens auch merklich träger als auf guten Substraten (gekochte Kartoffeln), wie ich das durch einige Versuche constatierte. Unter diesen Verhältnissen lassen sich aber — wie gleichzeitig festgestellt wurde — auch aus Mycelflocken des im Keller wachsenden Pilzes keine unbedingt zuverlässigen Reinculturen erzielen, es erliegt hier die Impfflocke der Concurrenz von anhaftenden Fremdorganismen, besonders Schimmelsporen, welche so aus der keimreichen Kellerluft mit übertragen werden; im normalen Verlauf der Dinge waren sie ohne schädliche Wirkung auf das an freier Luft wachsende Mycel, sie kommen da überhaupt nicht auf. Nur aus wirklichen Reinculturen lassen sich im Keller mit Sicherheit wieder ebensolche Reinculturen ableiten, Abimpfungen mit Kellermycel verschimmeln gewöhnlich alsbald; in besonderem Grade gilt das anscheinend bei Überimpfung auf feuchtes Holz, auf besserem Substrat (Kartoffelrörchen) kommt auch *Merulius* zu sehr üppiger Entwicklung. Mit der Zeit werden allerdings schließlich alle *Merulius*-Reinculturen in der feuchten Kellerluft vom oberen Rande aus durch Einwachsen von Schimmelpilzen durch den Watteverschluß unrein; diese Versuche habe ich 15 Monate lang fortgeführt.

Die Tatsache, daß ein von dem Luftrasen abgetrennter Mycelteil damit geschädigt, physiologisch geschwächt wird, ergibt sich auch hieraus. Trotzdem wächst und inficiert er unter sterilen Verhältnissen aber auch noch bei kaum über 6° liegenden Temperaturen (bis auf ca. 4° heruntergehend). Ebensowenig hemmt diese Temperatur allerdings die ihn schädigenden Fremdorganismen, wenn solche sonst geeignete Bedingungen (Nahrung) finden; hauptsächlich sind dies hier grüne *Penicillium*-Arten, die noch näherer Bestimmung bedürfen. Neben solchen kommen speciell auf angefeuchteten Holzstücken im Keller (8—10°) noch verschiedene andere Pilze zu reichlicher Entwicklung (*Aspergillus glaucus*,

grüne und gelbliche Hyphomyceten), während „luftrockenes“ Holz in meinem Keller wenigstens in der Regel ohne Vegetation bleibt.

Experimentelles.

Übertragung von Mycelflocken auf Culturröhrchen mit sterilem feuchten Holz bei ca. 6° (vergleichsweise auf gekochte Kartoffeln) im Keller. Jedes Röhrchen mit mehreren kleinen Holzwürfeln (30. XI. 11—20. III. 13). Impfung weizenkorngroßer Flocke mit Platinnadel.

	Substrat	Impfung mit	Resultat nach 10 Tagen	Resultat nach 17 Tagen	Resultat nach 15 Monaten
Nr. 1	Fichtenholz	Kellermycel	Minimales Ausstrahlen der Impfflocken deutlich sichtbar	Wenig Fortschritt überall	Kein *Merulius* (braunschwarze Pilzvegetation)
„ 2	„				
„ 3	Buche				Weißer Rasen
„ 4	„				
„ 5	Fichte	Reincultur-mycel (von Kartoffelcultur)			*Merulius* rein, aber spärliches Mycel
„ 6	„				
„ 7	„				Kein *Merulius* (grüner Schimmel)
„ 8	„				
„ 9	Buche				weißes Mycel (Infection)
„ 10	„				
„ 11	Kartoffel			Junger Mycelrasen (1 cm Dm.)	Dichte üppige *Merulius*-Vegetation (inficiert durch Einwachsen von *Penicillium* vom Wattestopfen aus)
„ 12	„				

Die letzte Columne gibt das Endresultat kurz an. Im einzelnen sei noch folgendes bemerkt: Am schnellsten und stärksten war auch hier die Entwicklung auf Kartoffel, die übrigen Vegetationen waren wesentlich dürftiger (Holz als Reifholz), im Anfang aber durchweg reiner *Merulius*. Schon nach einigen Wochen zeigten jedoch die mit Kellermycel beimpften Fichtenholzröhrchen zarte grüne Schimmelbildung, welche weiterhin allmählich das *Merulius*-Mycel vollständig unterdrückte, schließlich war in diesen beiden Versuchen nur noch eine braunschwarze Pilzvegetation vorhanden. Dagegen blieben 3 von den 4 mit Reincultur beimpften Fichtenholzröhrchen bis Abschluß nachweislich rein (zarte helle Hyphen und Stränge, teilweise sich ins Bräunliche verfärbend); alle 4 mit Kellermycel beimpften Holzröhrchen waren unrein geworden. Gegenüber der durchweg dürftigen *Merulius*-Vegetation auf den Holzstücken fällt die Üppigkeit des dichten Mycelrasens (weiß, gelb, grau, braun) auf Kartoffel

auf, die Röhrchen sind völlig von dem Pilz erfüllt, hier hat selbst der in den letzten Monaten des Versuches durch den Wattestopfen an der Glaswand einwachsende grüne Schimmel (*Penicillium*) nur einzelne grüne Flecke von 1—2 cm Dm. im oberen Teil der Röhrchen bilden können, ohne das völlige Dominieren des *Merulius* zu hindern. Dagegen ist in 5 Holzversuchen kein *Merulius* mehr vorhanden (in 2 ist hellgrüner, in 2 schwarzbrauner, in 1 dichter braungrüner Schimmel nicht näher bestimmter Art). Auch die zur Aussaat benutzte, im Keller verbliebene Reincultur wurde durch Eindringen von *Penicillium* durch den Wattestopfen schließlich inficiert.

Übrigens deuten auch diese Versuche an, daß gut angewachsener *Merulius* (wie das ähnlich beim Ausstrahlen von kranken Holzstücken stattfindet) selbst dann gegen concurrierende Schimmelformen relativ widerstandsfähig ist, wenn diese einen günstigen Nährboden (Kartoffel) vorfinden, vorausgesetzt, daß die Wärmeverhältnisse diesen minder zusagen (± 10 °). Auf schlechtem Boden (Holz gegenüber Kartoffel) wird (selbst auf sterilem Substrat) Anwachsen seiner Aussaat aber erschwert, hier erliegt er den Concurrenzformen, trotzdem diese durch minder geeignete Wärme- und Nahrungsbedingungen nicht begünstigt werden.

6. Unterschied von Splint und Reifholz (Taf. I, Fig. 1—4).

Nach obigen Resultaten über die Wirkung der Holztränkung muß man bei Culturversuchen im kleinen sich offenbar die Beschaffenheit des benutzten Holzes vorher etwas genauer ansehen, nährstoffreiches Holz gibt zweifellos ganz andere Ergebnisse als nährstoffarmes, der Begriff „Holz“ und selbst Fichtenholz ist chemisch wie ernährungsphysiologisch recht unbestimmt, Art und Mengenverhältnis der mancherlei Bestandteile des in ihm vor liegenden schwankenden Gemenges verschiedener Substanzen wechseln nach Jahreszeit, Alter, Behandlung usw. innerhalb weiter Grenzen. Daß junges und altes Holz sich nicht gleich verhalten, ist vorauszusehen, es hat dann auch der besondere Verfolg dieses Punktes das ohne weiteres gezeigt [1]).

Mit dem früher von mir benutzten reifen Bretterholz wurde also das Holz einer jungen ca. 7jährigen Fichte, dünnes Zweigholz derselben und frischer Splint älterer Bäume (bei Fällung in Gestalt der abfallenden Späne gesammelt) in übrigens ganz gleich angeordneten Kolbenversuchen verglichen. Es kam da in der Tat derselbe Unterschied heraus wie bei natürlichem und mit Nährlösung getränktem Reifholz (p. 77); nur das junge Holz lieferte üppige hohe Pilzrasen, nach deren schließlichem Verfall die

1) In der Praxis wird dieser Unterschied vielleicht weniger ins Gewicht fallen, aber auch da dürfte der Gehalt an löslichen Nährstoffen nicht bedeutungslos sein.

Stücke verfärbt, morsch und mit Schwindrissen bedeckt (Würfelbildung) zurückblieben. Das Bild entsprach in allen Teilen ganz dem bei Zuckertränkung des Reifholzes erhaltenen. Die vergleichsweise dann auch noch auf unsterilisiertem Splint versuchten Aussaaten verliefen nicht anders als auf ebensolchem Reifholz, die Impfflocke ging in keinem Falle deutlich an, die Holzoberfläche blieb entweder ganz frei von macroscopischer Vegetation oder es kamen später kümmerliche Schimmelbildungen (bisweilen auch kleine Myxomyceten-Fruchtkörper, *Chondrioderma difforme* usw.) zum Vorschein, wie sie den microscopischen Hefen und Bacterien fast regelmäßig folgen (s. oben p. 70). Den typischen Unterschied solcher Versuche bald nach Beginn und gegen Ende geben die Abbildungen auf Taf. II wieder.

Experimentelles.

Versuche mit jungem und altem Fichtenholz, Glaskolben, 3mal sterilisiert, Watteverschluß, Wasserschicht am Boden usw. alles wie oben. Reinculturimpfung mit Platinnadel.

Versuch 1 (29. XII. 11—1. IV. 12). — 4 Erlenmeyer-Kolben, je mit 3—4 Stückchen jungen Holzes (aus 7jährigem Stämmchen geschnitten; ca. 5 × 2 × 2 cm). — Resultat: Gutes Anwachsen der Impfflocke zu schneeweißem Mycel, das alle Holzstücke nach einigen Wochen dicht überzieht, hoch emporwachsend. Helle Stränge an den Gefäßwandungen. — Controllversuche mit altem Holz gaben nur dürftiges Mycel.

Die weiteren Versuche stelle ich hier kurz in einer Übersicht zusammen:

I. Versuche mit jungem Holz (Splint).

	Aussehen		Resultierende Beschaffenheit des Holzes
	nach 10 Wochen	nach 10 Monaten	
Nr. 1 (32)[1]	Holzstücke sämtlich mit dichtem weißen Luftmycel bedeckt, langsam an Gefäßwand emporsteigend	Schneeiges watteartiges Mycel bis 2 cm unter den Watteverschluß emporgestiegen	Stark zersetzt, mit Schwindrissen; braun verfärbt, morsch
„ 2 (33)		Desgl. halb den Kolben ausfüllend	
„ 3 (34)		Desgl. ebenso	
„ 4 (35)		Desgl. bis in Watteverschluß emporgewachsen	
„ 5 (36)	Holzstücke mit dichtem weißen Mycelrasen	Desgl. hoch an Gefäßwand emporgestiegen	
„ 6 (37)			

1) Die eingeklammerte Zahl ist überall die Protokollnummer der Versuche, die ich am Schluß der Arbeit ursprünglich noch einmal einzeln zusammengestellt hatte; aus Raumrücksichten lasse ich sie fort.

II. Versuche mit altem Holz (Reifholz).

	Aussehen		Resultierende Beschaffenheit des Holzes
	nach 10 Wochen	nach 10 Monaten	
Nr. 1 (62)	Holzstücke mit spärlichem Mycel, nicht auf Gefäßwand übergreifend	Helles Mycel lediglich als dünner spinnwebiger Überzug der Holzstücke	Aussehen kaum verändert, oberflächlich z. T. etwas verfärbt und weich (morsch), 1 bis 2 mm tief, teils ohne Veränderung
„ 2 (63)			
„ 3 (17)	Holzstücke mit dünnen Mycelfäden überzogen	Mycel als zarter grauweißer Überzug des Holzes; nicht auf die Seitenwände der Kolben übergegangen	
„ 4			
„ 5			
„ 6			

7. Bedeutung der Feuchtigkeit.

„Lufttrockenes“ Fichtenholz kann, wie vorher gezeigt wurde (Abschnitt 1), durch Übertragung kleiner junger Mycelteile weder in feuchter Kammer noch in der relativ wasserdampfreichen Kellerluft (Hygrometer ca. 95 %) angesteckt werden, die Impfflocke ging auf der oft ohne macroscopische Vegetation bleibenden Substratoberfläche langsam zugrunde; es gilt das selbst noch für Holz von einem gewissen merklich höheren Feuchtigkeitsgehalt. Das Experiment läßt sich unter absolut sterilen Verhältnissen im Kolben wiederholen; die unter Watte sterilisierten, nur leicht befeuchteten Holzproben gingen nicht an (Versuche s. p. 61), die übertragene Impfflocke haftete hier Tage und Wochen unverändert auf der berührten Spiegel- oder Hirnfläche, zarte ausstrahlende Hyphen blieben ohne Weiterentwicklung. Offenbar wird hier zum wirksamen Anwachsen ein höherer Wassergehalt des Substrates verlangt, der der Luft allein genügt nicht. Geeignete Bedingungen bietet, wie wir sahen, erst kräftig durchfeuchtetes Holz, hier vermag nach Ausweis einiger Versuche (p. 76) die Aussaat unter bestimmten Bedingungen auf nicht steriler Oberfläche sogar spärlich anzuwachsen, wenn auch die Weiterentwicklung alsbald durch die Concurrenz anderer Microorganismen verhindert wird. Oben wurde bereits betont, daß der besondere Grad gerade der Substratfeuchtigkeit ein sehr wichtiger Punkt ist. Diese spielt für Ansteckung durch den noch intacten wachsenden *Merulius*-Rasen dagegen eine untergeordnete Rolle, lediglich deshalb erscheint es auffällig. Die Tatsache zeigt aber, wie verkehrt

es wäre, die für diesen gültigen Infectionsbedingungen auf die von ihm abgelösten isolierten Teile zu übertragen, der Rasen macht ja auch keinen Unterschied zwischen sterilem und nichtsterilem Holz. Tatsächlich befinden sich die mit ihm noch in Verbindung stehenden Hyphen unter wesentlich anderen physiologischen Bedingungen.

Das frei in Bauten usw. wachsende Hausschwammmycel hat seine eigentliche Wasserquelle offenbar in der Bodenfeuchtigkeit oder im atmosphärischen Niederschlagswasser der Wände bzw. im Condenswasser, mit wachsender Entfernung von diesen Quellen nimmt es an Üppigkeit und Wirkungsintensität nachweislich ab; daß der Hausschwamm für jenes einen vollwertigen Ersatz in anderen Quellen[1]), so auch in der Luftfeuchtigkeit finde, ist sicher ein Irrtum, der wohl durch die dabei nicht hinreichend beachtete außerordentliche Leitungsfähigkeit dieses Pilzes für Nährstoffe und Wasser auf weite Strecken hin veranlaßt wurde. Auf feuchtem Steinboden liegende Hölzer werden gerade unterseits stärker bewachsen und zersetzt[2]), weitab liegende Holzproben von ebendemselben Pilz dagegen nur träge angegriffen. Der isolierte Mycelteil muß als Ganzes mit der vollentwickelten „*Merulius*-Pflanze“ verglichen werden, auch er verlangt also — nicht anders als Steckling oder Keimpflanzen — eine besondere Wasserquelle zur Weiterentwicklung, also freies poröses, nicht hygroscopisches Wasser. Während man heute im allgemeinen die Substratfeuchtigkeit gern unterschätzt, scheint man die Bedeutung der Luftfeuchtigkeit für die Ent-

---

1) Neben der Luftfeuchtigkeit (wasserdampfgesättigte Luft) soll auch durch Atmung gebildetes Wasser in Frage kommen (vgl. Mez, l. c. 190 u. f., wo auch Literatur). Sicher sind beide nicht ganz ohne Bedeutung, und eine dürftige Entwicklung des Pilzes kann auch stattfinden, wenn flüssiges Wasser fehlt; den Vorteil hoher Luftfeuchtigkeit sehe ich aber mehr in dem dadurch verminderten Wasserverlust des Pilzes, dessen besonders hohes Wasserbildungsvermögen mir noch keineswegs bewiesen scheint. Die bekannten Tropfenabscheidungen sind wohl weniger Atmungswasser als ausgepreßter Zellsaft („Blutungswasser“) und dementsprechend bei mehreren Pilzen (*Polyporus* u. a.) nachweislich reich an Salzen. Auch *Merulius*-Fruchtkörper geben in ihm wohl nur das Wasser von sich, welches ihnen von dem feuchten Standort zugeleitet wurde.

2) S. oben p. 43. — Ähnlich bei Hartig-Tubeuf, Hausschwamm, 1902, p 39.

wicklung des *Merulius* etwas zu überschätzen. Weder der freie Luftmycelrasen noch das aus kranken Holzstücken ausstrahlende Mycel beansprucht völlig dampfgesättigte Luft, ebensowenig ist auch das oft beobachtete Zusammensinken jenes nun notwendig oder im allgemeinen stets Folge des Hinzutritts relativ trockener Luft, sondern oft Folge mechanischer Störung des empfindlichen Pilzes, auch gelegentlich wohl Folge Versiegens der Substratfeuchtigkeit oder einfach normaler Verlauf (Alterswirkung). Die relative Feuchtigkeit der Kellerluft bewegt sich gewöhnlich unter 95%, Ansteckung durch Luftmycel in künstlichen Culturen und üppige Entwicklung findet aber noch weit unterhalb statt, vorausgesetzt, daß die verlangte Substratfeuchtigkeit vorhanden ist. Versuche zeigen das mit hinreichender Sicherheit.

Feuchtigkeitsbestimmungen der Kolbenluft unter dem Wattestopfen meiner Versuche sind zwar nicht gut durchführbar, volle Sättigung dürfte bei Zimmertemperatur aber schwerlich vorhanden sein, ist vielmehr so gut wie ausgeschlossen; noch weniger ist das der Fall bei Glaskolben, deren Mündung lediglich durch eine doppelte Lage Fließpapier verschlossen ist. Auch unter diesen Bedingungen ging die übertragene Mycelflocke nicht nur gut an, es kam da selbst zu hoch emporwachsenden Luftmycelien (s. Taf. II, Fig. 4). Selbst in mit Fließpapier bedeckten Bechergläsern entwickelte sich aus der Einsaat noch ein ansehnliches weißes Mycel. Die Holzstücke in den mit Fließpapier verschlossenen Kolben wurden überdies vom Pilz stark zersetzt (Schwindrißbildung beim Eintrocknen), nicht weniger als unter Watteverschluß. Ansteckung sterilisierter nasser Holzproben gelingt selbst in einfachen Doppelschalen und sogar in völlig offen stehenden Kolben, wo aber natürlich die *Merulius*-Entwicklung bald durch Fremdorganismen unterdrückt wird. In allen diesen bei Zimmertemperatur stehenden Versuchen kann von einer maximalen Sättigung des Luftraumes nicht gut die Rede sein.

Der Umfang des entstehenden Mycels hängt direct von der dem Pilz in den Versuchen mitgegebenen Wassermenge ab, auf nur mäßig durchnäßtem Holz ist die Entwicklung nur halb so üppig als da, wo eine besondere Wasserschicht noch den Boden bedeckt: solche Versuche verlaufen fast mit der Genauigkeit eines

chemischen Experiments [1]), sie erhärten die Bedeutung des flüssigen Wassers für den Hausschwamm. Ich gebe unten kurz die Experimente wieder.

Übrigens finde ich auch die Forderung dampfgesättigter Luft für *Merulius* noch nirgends näher begründet, es bliebe also offen, ob solche direct als Feuchtigkeitsquelle dienen oder nur verdunstungseinschränkend wirken soll; das zweite wäre natürlich wichtig, dazu genügt aber ein höherer Sättigungsgrad überhaupt; ob die Hyphen dagegen Wasser aus der umgebenden Atmosphäre aufnehmen oder aufnehmen können — hier wäre möglichst niedrige Lage des Taupunktes wichtig — bleibt noch zu erweisen, die bisherigen Versuche sprechen nicht dafür. Trotz des größeren absoluten Wassergehalts wärmerer Luft muß die geringere relative Sättigung stärkere Verdunstung und somit wenigstens höheren Wasserverbrauch und -Bedarf des Mycels zur Folge haben. Die beste Ausnützung der dem in Bauten wachsenden Pilz bisweilen spärlich gebotenen Feuchtigkeit — also reichlicheres Wachstum — gewährt natürlich die mit stärkerer Sättigung verknüpfte niedrige Lufttemperatur; das schließt gutes Wachstum der Luftmycels auch in wärmerer, relativ erheblich trockener Luft keineswegs aus, sofern nur im Substrat die geforderte Wassermenge zur Verfügung steht. Die Versuche zeigen das direct. Die niedrige Temperatur seines Standortes (fast ausschließlich Keller und Erdgeschoß) garantiert dem in ausgesprochener Weise Erdbodennähe bevorzugenden Pilz so eine möglichst öconomische Ausnutzung der verfügbaren Substratfeuchtigkeit, nicht minder eine möglichste Constanz derselben; als weiteres kommt hinzu die Verminderung der Gefahr bzw. Schädigung durch Fremdorganismen, als Folge der vielen von diesen nicht zusagenden niedrigen Wachstumstemperatur.

Experimentelles.

Alle Impfungen mit Reinculturmycel im Laboratorium, vorschriftsmäßig sterilisiert. Junges Fichtenholz.

Versuch 1 (29. XII. 11; Nr. 20—21). — Einfluß der Wassermenge. — 4 ERLENMEYER-Kolben mit gleichem Holz (je 3—4 Stückchen,

---

1) Photographie einer solchen Versuchsreihe gab ich in Jahresber. Ver. Angew. Botan. 1913 [1914], **11**, 113, auf die hier verwiesen sein mag.

ca. 5 × 2 × 2 cm von jungem Fichtenstämmchen, 7jährig), in 2 Versuchen nur leicht durchfeuchtet, in 2 anderen wassergesättigt und mit Wasserschicht am Boden. (Anfangs Gummikappe, später gelockert und beseitigt.) — Resultat: Impfflocke überall sich zu dichtem schneeweißen Mycel entwickelnd, das nach einigen Wochen alle Holzstücke völlig überzieht und verdeckt. Die Entwicklung ging noch mehrere Monate weiter, nach 1 Jahre ist das weiße Mycel in den 2 Versuchen mit starker Wasserränkung bis nahe an (1) bzw. bis in (1) den Watteverschluß gewachsen, in den 2 anderen kaum bis ca. zur halben Höhe [1]); Gefäßwand mit zahlreichen feinen Strängen; Holz mit vielen Schwindrissen, morsch.

Versuch 2 (29. XII. 11; Nr. 37). — Vergleichsweise mit und ohne Watteverschluß (hier Fließpapierkappe). Fichtensplint. — Abb. s. Taf. II, Fig. 3 u. 4.

Nr. 1, „ 2 } mit Wattestopfen — Nr. 3, „ 4 } mit Fließpapierkappe (doppelte Lage).

Verlauf. In Nr. 1—3 war die *Merulius*-Entwicklung ganz ähnlich wie vorher. Der Pilz überzog die Holzstücke mit dichtem schneeigen Luftmycel, nur in Nr. 4 dürftige feine weiße, dem Holz dicht anliegende Stränge; ein grüner Schimmelfleck zeigte, daß hier alsbald Infection stattgefunden hatte. — Bei Abschluß wie Versuch 1 (Holz zersetzt, mit zahlreichen Schwindrissen).

Versuch 3 (29. XII. 11—10. III. 12; Nr. 22). — Als Gefäße hier 2 Doppelschalen (10 cm Dm.) und 2 Bechergläser (10 cm hoch), letztere mit Fließpapier lose bedeckt. Alle mit kleineren Fichtenholzstücken und Spänen beschickt (sterilisiert, gut durchfeuchtet, Wasserschicht wie sonst). — Resultat: Impfung geht in allen Versuchen an, in 2 Fällen zu einem dem Holz dicht anliegenden größeren Mycel (2—3 cm Dm.) auswachsend, in den 2 anderen nach 10 Wochen neben spärlichem *Merulius*-Mycel Schimmelbildung (*Mucor*, *Penicillium*).

Versuch 4 (3. I.—10. II. 12; Nr. 24—25). — Vergleichsweise Kolben mit Watteverschluß und völlig offen; je 2 mit Spänen von altem Fichtenholz. Sterilisiert, Wasserschicht usw. wie sonst. — Resultat: Die Impfflocke entwickelte sich in allen 4 Fällen zu kleinen Mycelien, in den beiden offenen Kolben traten — wie vorauszusehen — alsbald Schimmelpilze auf (*Penicillium*, *Mucor*), so daß schließlich kein *Merulius* mehr vorhanden war. In den beiden durch Watte verschlossenen Kolben entwickelte derselbe sich zu einem dicht anliegenden Mycel von 4 cm Dm.

Versuch 5 (15. II.—14. III. 12). — 2 weithalsige Gläser mit Papierbedeckung (s. Versuch 2 unter Abschnitt 3). — Resultat: Entwicklung der Aussaat [2]).

---

1) Diese Versuchsreihe ist l. c. photographisch wiedergegeben.

2) Vgl. die z. T. mit Papierbedeckung gemachten Versuche oben unter Abschnitt 3, Nr. 2 u. 6, p. 75 u. 77.

8. Übertragung von Sporen auf gesundes Holz.

Nach dem Ausfall der mit lebenden Mycelteilen angestellten Experimente ist positives Resultat der Ansteckung hier vorweg kaum zu erwarten, selbst bei tatsächlicher Keimung erwachsen dem jungen Keimschlauch unter natürlichen Verhältnissen die gleichen Schwierigkeiten, wie solche dem Anwachsen der Impfflocke entgegenstehen; auf relativ trockenem Holz also Fehlen genügender Feuchtigkeit, auf nassem Holz die Störung durch Fremdorganismen[1]). Anders läge der Fall, wenn Auskeimen auf gut durchfeuchtetem sterilen Holz stattfinden könnte, hier würde man gerade wie bei der Impfflocke baldige Entwicklung erwarten müssen; es ist ja gar nicht einzusehen, weshalb denn Sporenansteckung gesunden Holzes unmöglich sein soll; wenn sie bislang nicht erzielt wurde, so kann das eben nur an den ungünstigen Bedingungen in Verbindung mit der notorischen schlechten oder oft ganz fehlenden Keimfähigkeit der Sporen überhaupt gelegen haben.

Unter natürlichen (nicht sterilen) Bedingungen haben meine Versuche dementsprechend rein negative Resultate gegeben[2]). Es bedarf für diese Frage kaum einer besonderen künstlichen Versuchsanordnung, Gelegenheit zu einer natürlichen Ansteckung gesunden wie trockenfaulen Holzes war in meinem Versuchskeller, dessen Luftraum durch lebhafte Sporenverstäubung der Fruchtkörper völlig „verseucht“ war, planmäßig überall gegeben; auch auf Vegetabilien, feuchtem Papier usw. senkte sich ein feiner, schon mit bloßem Auge sichtbarer brauner Sporenstaub nieder. Aber an keiner Stelle wurde während der nunmehr rund 3jährigen Beobachtungsdauer Entstehung neuer *Merulius*-Vegetationen beobachtet; wo der Pilz wuchs, war er nicht durch die Luft, sondern stets nur durch directe Berührung mit dem von seinem Herde ausstrahlenden Mycel übertragen; wenn man in solchen Dingen offen und vorurteilsfrei sehen will, so gibt es dafür nur eine

---

1) Vgl. C. Mez, Der Hauschwamm, 1908, 45, der gleichfalls auf diese Schwierigkeit hinweist. Ebenda auch weitere Literatur, die ich hier, als schon in früheren Mitteilungen angeführt, Kürze halber auslasse.

2) Ebenso frühere, s. Ber. Botan. Ges. 1913, **31**, 311. Keimung der Sporen auf Holz ist in der Literatur wiederholt angegeben, wirkliches Anwachsen und Zersetzung ist nirgend festgestellt bzw. näher verfolgt.

Deutung. Wirkungsvoller ist es zwar, wie ich nicht leugnen will, dem Practiker die enorme Gefahr auszumalen, welche aus den 100 Millionen Sporen eines einzigen Fruchtkörpers unseren Bauten droht[1]), auch wenn dafür irgendwelche tatsächliche Unterlagen bislang überhaupt nicht gegeben wurden, die Annahme also als bloße Hypothese in der Luft schwebt.

Übertragungsversuche mit Sporen von freiwachsenden Fruchtkörpern auf steriles Holz haben ihre Schwierigkeiten, die Holzstücke bleiben selten oder nie dauernd steril, bei mir in keinem Falle; Fremdkeime sind entweder bei Übertragung mittelst Platinnadel schon dem Aussaat-Sporenmaterial beigemengt oder sie fallen beim Öffnen der verwendeten Doppelschalen mit den aus der Luft aufgefangenen *Merulius*-Sporen hinein, selbst wenn das Öffnen der Schalen nur ganz kurze Zeit behutsam dicht unterhalb der Fruchtkörper geschieht. Gegenüber ähnlichen Versuchen mit Agarschalen ist man bei Holzsubstrat dann schwer in der Lage, die Infection sogleich aufzufinden; später überwuchern alsbald Schimmelpilze die Oberfläche völlig. Zuverlässige reine Sporenaussaaten auf steril bleibendem Holz sind so m. E. so gut wie unmöglich, rein zufällig mögen sie wohl einmal gelingen, jedes Öffnen solcher sterilen Doppelschalen — schon bei der Beimpfung — genügt zur Luftinfection. Man darf sich dabei allerdings nicht durch weiße Schimmelformen täuschen lassen, von denen eine mir vorliegende z. B. ganz die gleichen watteartigen dauernd schneeweißen Luftrasen bildet wie *Merulius*, somit zunächst nur microscopisch von ihm unterscheidbar ist. Holzimpfversuche mit Sporen aus Reincultur habe ich bislang nicht gemacht[2]).

Meine bisherigen Versuche „lufttrockenes“ oder durchfeuchtetes sterilisiertes Fichtenholz im Keller anzustecken, sind durchweg resultatlos gewesen; das Substrat blieb entweder ganz ohne sichtbare Vegetation oder es zeigte sehr bald Colonien

---

1) Vgl. R. Falck, der auf solchen Illusionen noch besondere Bekämpfungsverfahren durch Formaldehyd oder „Mycanthin“ aufbaut (*Merulius*-Fäule 1912, 385, Merkblatt zur Hausschwammfrage 1913, 11).

2) Doch vermochte ich festzustellen, daß solche Sporen weder in Culturröhrchen mit Würze, W.-Gelatine, W.-Agar *Merulius*-Vegetationen lieferten, noch in der kleinen feuchten Kammer auskeimten (Ber. Botan. Ges. 1914, **32**, H. 4, 254), wo das durch Microphotographien belegt ist.

oder feine Überzüge heller bis graugrüner Schimmelformen, die jedenfalls zur Unterdrückung etwaiger junger *Merulius*-Vegetationen, sofern solche in der Entwicklung begriffen waren, völlig ausreichen. Das ist bei dem ziemlich gleichen macroscopischen Aussehen junger farbloser Rasen der verschiedenen Mycelpilze nicht ohne weiteres zu entscheiden, verlangt jedenfalls besondere Feststellungen.

Experimentelles.

Versuch 1 (14. XII. 11—1. XII. 12). — Fichtenholzstückchen genau wie oben (p. 65) in Glasschale auf Fußboden des Kellerraums stehend, leicht durchfeuchtet, nicht sterilisiert, mit Sporen eines am selben Ort wachsenden Fruchtkörpers reichlich bestäubt. — Resultat: Holzoberfläche bleibt unverändert, ohne jegliche Vegetation. Als nach Verlauf von 3 Wochen die Holzstücke stark angefeuchtet, auch durch eine Wasserschicht am Boden der Schale für gleichmäßige Feuchtigkeit gesorgt war, trat 6 Tage später feiner Mycelüberzug auf der Holzoberfläche auf, der einige Tage darauf ergrünte. Weiterhin mit zunehmendem Austrocknen verfiel die schwache Schimmelbildung wieder, nach 6 und auch nach 12 Monaten sind Aussehen und Beschaffenheit des Holzes wie im Beginn.

Versuch 2 (20. XII. 10—30. V. 11). — Im Laboratorium (± 20°) mit sterilem Fichtenholz in großer feuchter Kammer (6 Stück von ca. 5 × 3 × 2 cm, in Glasschale von 20 cm liegend), nach Abwaschen wasserdurchfeuchtet, reichlich mit Sporen bestäubt. — Resultat: Oberfläche der Holzstücke zunächst ohne Vegetation bleibend, microscopische Präparate zeigten unveränderte Sporen; dann erschienen (— Infection beim Öffnen! —) an mehreren Stellen dürftige helle Mycelien (microscopisch kein *Merulius*), bald auch spärlich ergrünend, zuletzt sind kleine grüne und graue Räschen vorhanden, *Merulius*-Rasen haben sich nicht entwickelt.

Versuch 3 (15. VIII.—25. X. 13). — Kellerversuch bei 13,1°, abnehmend bis 11°; Luftfeuchtigkeit 93%, große Doppelschale mit 3 Stücken Fichtensplint (ca. 10 × 5 × 3 cm), wassergetränkt, sterilisiert. Sporenaussaat durch behutsames Abheben der Deckelschale dicht unter einem reichlich Sporen-werfenden jungen Fruchtkörper (auf Unterseite einer Holzstellage) für 1 Minute. Außerdem an einer Stelle der Holzoberfläche Ausstreichen einer Nadel voll auf Glas aufgefangener Sporen. — Resultat: Nach 2 Wochen verschiedene Mycelien auf Oberfläche der Holzstücke, die nach 4 Wochen alles spärlich aber ziemlich gleichmäßig überziehen, teils mit graugrüner Conidienbildung, teils farblose Räschen. Ebenso nach 8 Wochen. Die Stelle, wo directe Sporenübertragung mit Nadel stattgefunden hatte, war mit stärkerem grauweißen Mycelrasen bedeckt. Die genauere microscopische Untersuchung ergab für diesen: Es sind vorhanden: a) *Merulius*-Sporen, unverändert (10 Stück im Präparat), b) farblose kleine kugelige Sporen in großer Masse, c) farblose septierte Hyphen, 1—2 μ dick, ohne Schnallen,

in großer Zahl (wohl zu b gehörig), d) schwach olivfarbige etwas derbere septierte Hyphen ohne Schnallen, spärlicher, e) zwischen den kugeligen Conidien (= b) Massen von kleinen einzelligen eiförmigen bis gestreckten, farblosen Gebilden (ob Hefen, ist nicht sicher zu entscheiden). — Außerdem wurden die grauweißen bis $^1/_2$ cm hohen Rasen auf der Holzoberfläche untersucht: zarte septierte Hyphen ohne Schnallen, zwischen ihnen in großer Menge kugelige helle Sporen, deren Entstehungsort zunächst nicht nachweisbar war (wohl mit obigen unter b übereinstimmend). Das Resultat ergibt also: Unveränderte *Merulius*-Sporen, neben farblosen Mycelien usw., die nach ihrem Aussehen nicht zu *Merulius*, sondern irgendwelchen Schimmelformen angehören. Gleiche Vegetation (weißer Pilz mit Luftmycelbildung und kugeligen Sporen) wurde übrigens in mit *Merulius*-Sporen bestäubten Agarschalen im Keller aufgefangen und in Reincultur übertragen.

Versuch 4 (15. VIII.—20. X. 13). — Kellerversuch bei 14°, sinkend bis 11°, Luftfeuchtigkeit ± 93%. 2 Erlenmeyer-Kolben mit Stücken sterilen lufttrocknen Fichtenholzes, Watteverschluß. Inficiert wurde: 1. Kolben a durch Öffnen für $^1/_2$ Minute dicht unterhalb des Fruchtkörpers wie in Versuch 3; 2. Kolben b durch einfache Umkehrung des Wattestopfens, der oberseits durch zahlreiche spontan aus der Luft abgesetzte Sporen braun bestäubt war (beide Kolben standen bereits seit 6 Wochen im Keller). — Resultat: Nach 8 Wochen waren beide Kolben nebst Inhalt noch unverändert, ohne Vegetation; solche fehlt auch auf dem umgedrehten Wattestopfen. Also Nichtkeimen der Sporen auf lufttrocknem Holz (und Watte) in der Kellerluft. Auch nach 6 Monaten beide Versuche unverändert (15. IV. 14).

Versuch 5 (30. IX.—23. X. 13). — Kellerversuch bei 12—11°, Hygrometer um 93%. 6 mittlere Doppelschalen, davon 5 mit sterilisierten durchfeuchteten Fichtensplint- und Reifholzstücken, einer mit Mörtelteilen. Nach 6tägigem Verweilen im Keller (steril bleibend!) behutsam nach einseitigem Aufheben der Deckelschalen mit Sporen bestäubt, in der Weise, daß ein abgelöster, vertikal gewachsener Fruchtkörper (von Wand des Kellers) rückseitig je dreimal mit Zeigefinger „angeknipst“ wurde. — Resultat: Nach ca. 2 Wochen waren reichlich Mycelien in der Entwicklung, in 2 Schalen sich grün färbend, in anderen grauweiß; von den Einzelversuchen seien zwei genauer geschildert, sie hatten folgendes Aussehen:

1) Große Doppelschale mit 7 Splintstücken zeigte: 8 grüne Schimmelrasen (meist *Aspergillus glaucus*), 4 graugelbliche Schimmelflecke von ca. 1 mm Höhe, 7 hochwachsende (ca. 1 cm) grauweiße Rasen (unter Microscop helle schnallenlose septierte Fäden, zahlreiche kugelige Sporen). Die verschiedenen Vegetationen berühren einander bereits. Kein *Merulius*!

2) Petri-Schale mit 3 Holzstücken (war vorher mit Zuckernährlösung behandelt): ungefähr 30 übereinstimmende weiße Schimmelflecke,

einige ergrünt (*Aspergillus glaucus*) nehmen die Hälfte der Holzoberfläche in Beschlag. Keine Andeutung von *Merulius*!

Versuch 6 (1. VII.—23. X. 12). — Kellerversuch mit mehreren trockenfaulen (halbmorschen) Holzstücken, frei auf Holzbört und Fußboden der Sporenverstäubung durch Fruchtkörper ausgesetzt, Lufttemperatur und -Feuchtigkeit wie oben. — Resultat: Oberfläche der Stücke blieb vegetationslos, war auch nach $1^1/_2$ Jahren noch so (17. IV. 14).

9. Ansteckung durch wachsende Mycelrasen.

Der sicherste Weg, gesundes Holz unter natürlichen Verhältnissen schwammkrank zu machen, ist Contact mit dem in Kellerräumen wachsenden Luftmycelrasen, das ist hinlänglich bekannt, ebenso, daß hierfür das anzusteckende Holz lediglich „lufttrocken" (hygroscopisches Wasser) zu sein braucht; keineswegs ist dies aber Vorbedingung, im Gegenteil erkrankt und zerfällt feuchtes Holz bzw. feuchte Teile desselben merklich schneller[1]). Das ist nach dem Ausfall der vorher mitgeteilten Impfversuche mit sterilem nassen Holz ohne weiteres verständlich.

Auf die Ansteckungsversuche mit solchem Mycelrasen im Keller (s. Abb. 1, p. 63), die ich im Verlauf der Zeit wiederholt auch mit anderen Holzarten als Fichte gemacht habe[2]), brauche ich hier im Einzelnen nicht näher einzugehen, sie sind schon oben besprochen; mit *Merulius*-disponierten Hölzern gelingen sie regelmäßig, die Schnelligkeit, mit der sie verlaufen, hängt von der herrschenden Temperatur und dem besonderen Feuchtigkeitsgrade des Untergrundes (bei nicht isolierten Mauern wesentlich unter Einfluß der äußeren Witterungsverhältnisse stehend) ab[3]). Ungünstigenfalls können bis zum Bewachsen der Holzproben Wochen vergehen. Fast ausnahmslos bewächst der Mycelrasen dabei jede Holzart (er geht ja auch auf Stein, Metall, Glas usw. über), welche er davon nun factisch zersetzt, hängt allein von deren besonderen Natur ab; nichts wäre verkehrter, als aus dem

1) S. oben p. 43.

2) S. oben p. 39.

3) Die Steine des porösen Backsteinfußbodens meines Kellers sind in Nähe der Außenwände stets durchfeuchtet, nach den Innenwänden zu trocken. Die Grenze zwischen der dunklen und hellen Farbe der Ziegelsteine ist scharf zu sehen, sie verschiebt sich je nach der Witterung, ebenso die Intensität der Feuchtigkeit in den Steinen selbst.

bloßen Bewachsenwerden eines Materials auf dessen Zersetzbarkeit zu folgern, beides ist scharf auseinander zu halten. Alle Fichtenholzstücke meiner Versuche waren schon in weit weniger als Jahresfrist ausnahmslos völlig weich, ähnlich Buche, Linde, Birke, dagegen blieben Mahagoni, Schwarze Walnuß, Robinie, Cigarrenkistenholz (Cedrela) hart und unverändert; etwas ungleich verhielten sich die Eichenholzproben, die nur vereinzelt unterseits anmorschten; diese Versuche habe ich dann nochmals mit notorisch gutem Kernholz von Japanischer Eiche (Parketthölzer) wiederholt. Auch an diesen trat nach Monaten eine lebhafte Wucherung von *Merulius* ein, die Hölzer waren nach ca. 8 Monaten am Backsteinfußboden völlig festgewachsen, unterhalb stark mit Häuten und Strängen bewachsen, weder Nagel- noch Messerspitze drang aber (mit einer Ausnahme) irgendwo ein, ihre Härte war völlig unverändert[1]).

Erstklassiges altes Kernholz der Eiche verhält sich hiernach genau so wie meine früheren Feststellungen ergaben. Im übrigen spielt bei dieser Holzart der oft wechselnde Gerbstoffgehalt eine bestimmende Rolle, möglichst ausgekochtes Eichenholz vermorscht unter Wirkung des Pilzes allmählich, wie ich das an den seinerzeit geschilderten Versuchen inzwischen festgestellt habe. —

Die bereits oben wiederholt berührte Frage nach dem Grunde der fast bedingungslosen Infectiosität des unverletzten Luftmycels ist sicher von theoretischem Interesse, erst nach den negativen Erfolgen der Impfungen mit kleinen Mycelstücken fällt darauf ein gewisses Licht. Gerade auf seinem ureigensten Substrat vermag *Merulius* hiernach nur festen Fuß zu fassen, wenn er es gleichsam als „vollständig entwickelte Pflanze“ berührt, soll heißen sein Luftmycel (das eigentliche Infectionsmycel) also rückwärts in Zusammenhang mit dem eigentlichen Substratmycel bleibt. Nur dann hat jenes die „Kraft“, die einer Weiterentwicklung entgegentretenden ungünstigen Momente (Fremdorganismen, Wassermangel usw.) erfolgreich zu überwinden; die ununterbrochene Stoffzufuhr aus dem Substrat ist anscheinend wesentliche Bedingung für die verlangte Activität,

1) Ber. Bot. Ges. 1914, **32**, H. 3, 206. Hier auch Photographie.

welche mit der Trennung der Teile vom Ganzen in ihnen erlischt, jedenfalls aber so weit herabsinkt, daß sie nur unter künstlichen Versuchsbedingungen (auf sterilem Substrat) wieder hergestellt werden kann. Ob und welche ganz besonderen Fähigkeiten etwa sonst noch den Hyphen des intacten Luftmycelrasens zukommen (man kann an Ausscheidung von Enzymen, Kohlensäure, Wasser usw. denken) oder ob es sich lediglich um die den ungestörten Hyphen zumal bei „Massenwirkung" innewohnende Resistenz oder Activität handelt, sei dahingestellt.

Zweierlei Dinge bzw. Organe kommen unter natürlichen Verhältnissen für die Entstehung solch ausstrahlenden Luftmycels wesentlich in Frage: Kranke Holzteile (also das sie durchziehende Substratmycel mit Gemmen usw.) und die nach „Abblühen" der hohen Mycelrasen, zumal auf Stein u. a. zurückbleibenden späterhin dunklen Stränge. Erstere wachsen in der Kellerluft bekanntlich auch ohne besondere Wasserzufuhr, letztere anscheinend nur in Berührung mit feuchten Oberflächen nach einer gewissen Zeit zu jungem Luftmycel aus. Die spätere Entwicklungsfähigkeit aller übrigen Teile scheint mir zweifelhaft.

10. Schlußzusammenfassung.

Das Wesentliche der sich aus den etwas umfangreichen Versuchen ergebenden Tatsachen läßt sich ganz kurz zusammenfassen. Lufttrockenes oder angefeuchtetes nicht unbedingt steriles gesundes Fichtenholz wurde durch Übertragung kleiner lebender Mycelteile des *Merulius* aus Reinculturen auch im feuchten Raume in keinem Falle wirksam angesteckt (Abschnitt 1, p. 57) bestenfalls kam es zu einer Kummervegetation des Pilzes, ohne merkliche Wirkung auf das Substrat. Es gelang das in Laboratoriumsversuchen selbst nicht mit größeren Deckenteilen; die Tatsachen deuten auf ungemeine Empfindlichkeit des anspruchsvollen Pilzes. Wirkungslos war auch Übertragung von Mycelflocken in feuchter Kellerluft, wenn dieselben direct von dem dort lebhaft vegetierenden Luftrasen entnommen wurden (Abschnitt 1, p. 62); die Impfungen gingen nicht an, die Mycelflocken collabierten und zerfielen allmählich. Die Erklärung dafür hat in allen diesen Fällen wohl in der Hauptsache mit zwei Punkten zu rechnen: Unzureichende Ernährung (incl. Wasserversorgung)

und Schädigung durch Fremdorganismen (Bacterien, Hefen, Mycelpilze). In Übereinstimmung damit änderte sich der Versuchsausfall sogleich, als die Aussaaten auf notorisch steriles und gut durchfeuchtetes Holz gemacht wurden, bedingungslos wuchsen sie zu reinen Vegetationen an (Abschnitt 3, p. 72), und zwar üppig, wenn dasselbe reichlich gelöste Nährstoffe enthielt (Splint, getränktes Reifholz, Absch. 4 u. 6, p. 77 u. 83), zu mehr oder weniger kümmerlichen Vegetationen, wenn solche fehlten (Reifholz, ausgekochtes Holz, Absch. 6, p. 78 u. 85), Gleichzeitig zeigte sich, daß nur im ersteren Falle das besiedelte Holz stärker zersetzt wurde, in letzterem Falle war eine Wirkung nicht oder nur schwach vorhanden.

Gutes Gelingen der Ansteckung und Zersetzung war direct von der dem Pilz zur Verfügung stehenden Menge flüssigen Wassers abhängig, sterile Holzstücke vom bloßem Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft wurden so nicht angesteckt, das Doppelte an Wasser hat ungefähr die doppelte Wirkung. Wasserdampfreiche Luft ersetzte das nicht, ebensowenig war andererseits höchste Luftfeuchtigkeit eine Bedingung für Ansteckung, Pilzentwicklung und Zersetzung durch die ausgesäte Mycelflocke.

Das erfolgreiche Anwachsen einer jungen *Merulius*-Vegetation auf gesundem Holz aus der übertragenen Mycelflocke verlangt also kaum wesentlich andere Bedingungen als etwa das einer Keimpflanze oder eines Stecklinges: Wasser mit Nährstoffen und Abwesenheit schädlicher Microorganismen. Inwieweit das schon angewachsene Mycel wasserbedürftig ist, bleibt davon zunächst unberührt, aber auch diese Frage wird von den Tatsachen bejaht.

Die Versuche, durch Übertragung von Sporen eine Ansteckung von „lufttrockenem“ oder angefeuchtetem Holz zu erzielen, verliefen rein negativ (Abschnitt 8, p. 90); für nichtsteriles Holz ist das nach dem Ausfall obiger Übertragungsversuche mit lebenden Mycelflocken wohl verständlich, sterilisiertes Holz verhielt sich aber auch nicht anders, ob auf Grund mangelnder Keimfähigkeit der übertragenen Sporen oder weil es bei Aussaat von Sporen der Fruchtkörper des Kellerraumes stets inficiert wurde, mag dahingestellt bleiben. Die Frage ist an Reinculturmaterial nachzuprüfen.

Ganz verschieden von dem Verhalten abgetrennter Mycelstücke und Sporen unter natürlichen Bedingungen ist nun das der intacten Pilzrasen selbst gegenüber gesundem Holz, also das

des Pilzes, solange er mit einem Teil seines Mycels im Substrat haftet, mit einem anderen von jenem ausstrahlend sich über dasselbe und seine Umgebung weit ausbreitet; es ist das also die in Substrat- und Luftmycel gegliederte bzw. differencierte ganze „Pilzpflanze“ selbst. Dieselben Hyphen, welche von ihr abgetrennt unter natürlichen Verhältnissen auf Holz nicht anzuwachsen vermochten, sondern dazu erst der Herstellung künstlicher steriler Verhältnisse bedurften, wachsen in ungestörter Verbindung mit ihrem Substratmycel mühelos auf trockener wie auf feuchter keimhaltiger Holzoberfläche alsbald an, sie sind als eigentliches Infectionsmycel jetzt fast bedingungslos infectionstüchtig. Nachweislich gilt das jedenfalls für Kellerverhältnisse und -Temperatur, ob in vollem Umfange auch etwa für höhere Temperaturen usw., steht vorläufig dahin. Eine besondere Wasserquelle, die osmotisch die starke Volumzunahme des sich ausbreitenden Pilzes deckt, ist für mich dabei Voraussetzung für weiteres Umsichgreifen. Das vom Substratmycel bewohnte kranke Material steht jedenfalls nicht selten in Verbindung mit (poröses Wasser abgebendem) feuchtem Mauerwerk, das ja auch das Mycel selbst mit Vorliebe aufsucht, sein gewöhnliches Vorkommen in Erdbodennähe, zumal in schlecht isolierten Gebäuden ist nicht zufällig. Schwammholz hat überhaupt an sich in feuchter Luft schon einen höheren hygroscopischen Wassergehalt (± 25 %) als gesundes Fichtenholz (10—15 %).

Für uns genügt hier die Feststellung der Tatsache, daß unter natürlichen Umständen die Infectionstüchtigkeit der *Merulius*-Hyphe von einer organischen Verbindung mit den älteren Teilen des irgendwo wuchernden Pilzes abhängt, isoliert geht sie zugrunde.

In practischer Hinsicht ergibt sich aus den referierten Versuchen, daß die Ansteckungsgefahr durch Hausschwamm im allgemeinen nicht so erheblich ist, als wohl angenommen wird, nur der wachsende Schwamm greift von seinem Standort aus sicher und regelmäßig um sich, abgerissene Mycelteile wie Sporen könnten unter den Verhältnissen der Praxis nur in bestimmten Fällen in Betracht kommen; die für ihre Entwicklung verlangte Feuchtigkeit wird durch damit notwendig verbundene Entwicklung anderer Microorganismen für sie gegenstandslos, steriles Holz in Bauten gibt es nicht. Abgetrennte zarte Luftmycelien wie derbere Häute pflegen auch beim Ein-

trocknen alsbald abzusterben. Es bleiben noch die Strangbildungen, deren Ausstrahlen zu jungen Mycelien an feuchten Orten als sicher gelten darf. Vor allem gilt dies bekanntlich aber für kranke Holzteile[1]), aus ihnen kann — zunächst ohne besondere Zufuhr flüssigen Wassers — bereits in feuchter Luft die Mycelrasenbildung beginnen, damit ist der Ansteckungsherd gegeben. Ihre Gefährlichkeit liegt auf der Hand; in ihnen beginnt, geschützt gegen Fremdorganismen, alsbald das Wachstum des Mycels von neuem, heraustretend bildet sich das junge Luftmycel; vom Substrat mit Feuchtigkeit und Nährstoffen versorgt, breitet es sich aus, um auf geeignetem Boden alsbald festen Fuß zu fassen. Die Bedeutung gerade des kranken, vom Substratmycel durchsetzten Holzes für die Verbreitung des *Merulius* sehe ich also darin, daß dieses Material den Hyphen ermöglicht, unbeeinflußt durch schädigende Einwirkungen[2]), zu einem infectionstüchtigen Rasen zu erstarken; die Infectiosität dieses beruht eben auf der ungestörten Verbindung mit den im Holz eingeschlossenen Pilzteilen, mit der Abtrennung geht sie verloren, die isolierte Mycelflocke ist unter natürlichen Verhältnissen nicht ansteckungsfähig.

Es liegt nur nahe, diese Infectionstüchtigkeit als Ausdruck einer lebhafteren physiologischen Activität der Hyphen zu betrachten, denn etwas anderes ist es ja nicht, wenn wir sehen, daß das Luftmycel trotz der vorhandenen Hemmungen auf der Oberfläche relativ trockenen Holzes zum erfolreichen Anwachsen kommt. Die Bedingungen für diese verlangte Activität — einer besonderen Stoffwechselenergie der jungen, in ungestörtem kräftigen Wachstum begriffenen Hyphen — liegen aber in dem engen Zusammenhang mit den Substratfäden.

---

1) Vgl. C. Mez l. c. 182ff. und die dort verzeichnete Literatur.

2) Durch *Merulius* zersetztes Holz ist — wie ich inzwischen feststellte — in chemischer Beziehung durch reichlichen Gehalt an Huminstoffen charakterisiert; damit wäre vielleicht u a. ein besonderer Schutz gegen Hefen und Bacterien gegeben (Ber. D. Botan. Ges. 1914, **32**, 671 und Ber. D. Chem. Ges. 1915, **48**, 130, hier die Analysen usw. der dargestellten Huminstoffe). Ebenso beruht die lackmusrötende Eigenschaft des von *Coniophora*, *Polyporus vaporarius* u. a. zersetzten Fichtenholzes auf der Bildung von Huminkörpern durch diese Pilze, nicht etwa auf dem Gehalt an freien organischen Säuren.

Druck von Ant. Kämpfe in Jena.

Erläuterungen der Tafeln.

Von den oben beschriebenen, reihenweise photographierten Experimenten sind hier [1]) lediglich je 2 Durchschnittsversuche verkleinert wiedergegeben; stets gleichzeitig angesetzt und gleichaltrig. Für alle versteht sich Impfung mit ca. weizenkorngroßer Mycelflocke aus Reincultur und Fichtenholz. Näheres s. Text p. 83 u. f.

Tafel I.

Fig. 1 und 2: Wirkung des Sterilisierens auf Splintholz als Substrat; Aussehen der gleichen Versuche wenige Wochen (Fig. 1) und 1 Jahr (Fig 2) nach Beimpfung; *Merulius* entwickelt sich nur im vorschriftsmäßig sterilisierten Versuch, dann aber sehr üppig (Kolben links, Nr. 81, watteartiges Mycel und Stränge), der unsterilisierte zunächst ohne macroscopische Vegetation (hier später kleine *Chondrioderma*-Fruchtkörper auf Hirnfläche des einen Holzstückes sichtbar; Kolben rechts, Fig. 2, Nr. 80). — Fig. 1 zeigt die Wasserschicht am Boden (auch Tautropfen an Gefäßwand), s. Versuchsanstellung, p. 84. (Die weiße verticale Trennungslinie in Fig. 1 ist irrtümlich bei der Reproduction von der Kunstanstalt eingesetzt.)

Fig. 3 und 4: Wirkung des Sterilisierens auf Reifholz als Cultursubstrat. 2 ältere (im Experiment nebeneinander stehende) Versuche; nur im sterilisierten (Fig. 4) kommt *Merulius* zur Entwicklung, als dünner dürftiger Belag das Holz überziehend; Gegensatz zu Fig. 1—2 auf Splintholz! Fig. 3 bleibt ganz ohne macroscopische Vegetation, doch Microflora auf Holzoberfläche. Text s. p. 85.

1) Photographien der vollständigen Versuche als Lichtbilder wurden von mir auf der Jahresversammlung der Vereinigung für Angewandte Botanik in Dahlem-Berlin, October 1913 vorgeführt (s. Jahresber. Ver. Angew. Botan. für 1913, **11** [1914], 106).

Fig. 1.

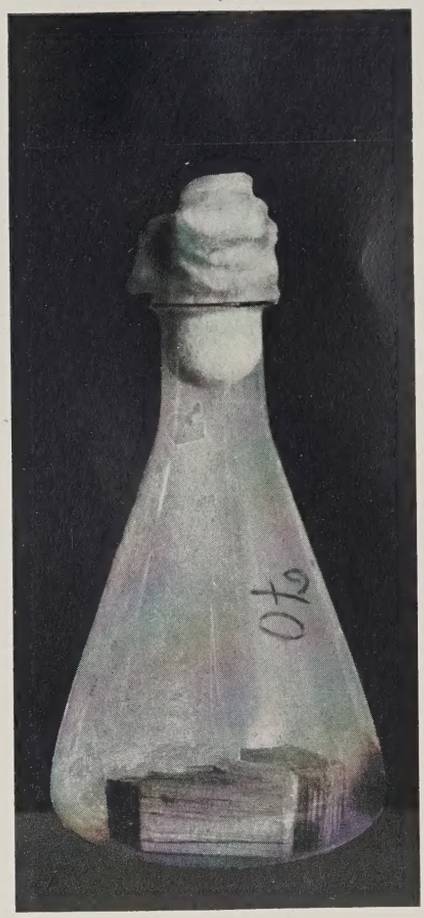


Fig. 3.

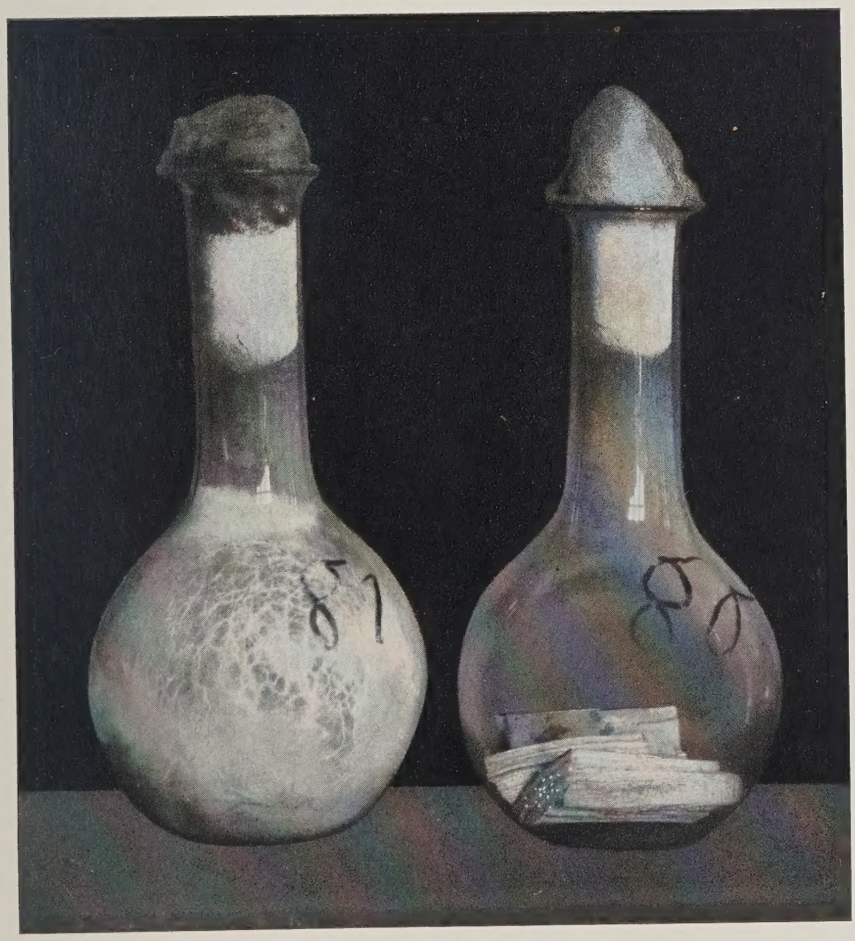


Fig. 2.

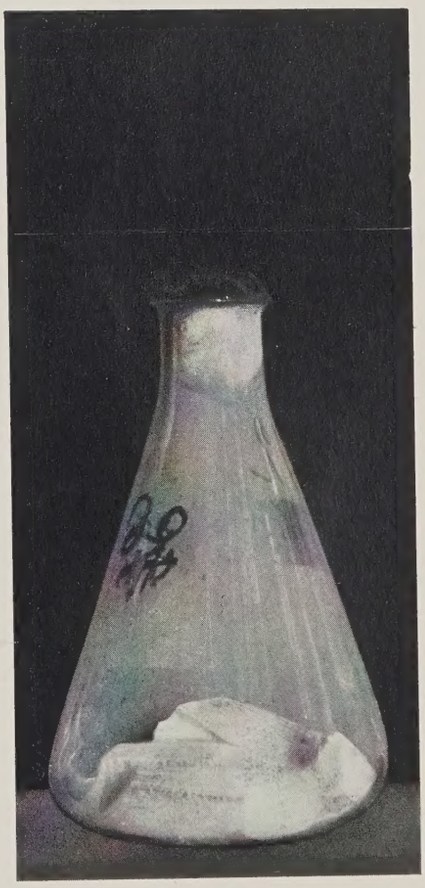


Fig. 4.

Fig. 1. Splintholz, sterilisiert und unsterilisiert (nach ca. 4 Wochen.) — Fig. 2. Splintholz, sterilisiert und unsterilisiert (nach ca. 1 Jahre.) — Fig. 3. Reifholz, unsterilisiert (nach 1 Jahre.) — Fig. 4. Reifholz, sterilisiert (nach 1 Jahre.)

Tafel II.

Tafel II.

Fig. 1 und 2: Wirkung einer Tränkung des Reifholzes mit Zuckernährlösung auf die *Merulius*-Entwicklung und -Wirkung; Aussehen derselben beiden Kolben bald nach Beginn (Fig. 1) und bei Abschluß (Fig. 2) des Versuches (sterilisiert). Tränkung des Holzes mit Nährlösung hat üppige Pilzentwicklung und starke Zersetzung zur Folge. In beiden Bildern der linke Kolben (Nr. 10) getränkt, der rechte (11) ungetränkt; der rechte mit dürftiger kaum sichtbarer Pilzentwicklung, Holz hier nach Jahresfrist unverändert, der Kolben links mit hohem schneeweißen *Merulius*-Mycel (Fig. 1) und später nach Verfall desselben mit völlig zersetzten Holzstücken (Schwindrisse, Fig. 2), s. Text p. 77 u. 79. (Die weiße verticale Trennungslinie in Fig. 2 auch hier versehentlich durch Kunstanstalt eingesetzt.)

Fig. 3 und 4: Zwei gleichaltrige (im Experiment nebeneinander stehende) Culturen auf Splintholz (sterilisiert) unter Watte- (Fig. 3) und unter Fließpapier-Verschluß, nach ca. 1 Jahre (Fig. 4). In beiden Versuchen zeigen die (nach Verfall der Mycelrasen wieder sichtbaren) Holzstücke die gleiche starke Zersetzung, morsch mit Schwindrissen. S. Text p. 87 u. 89.

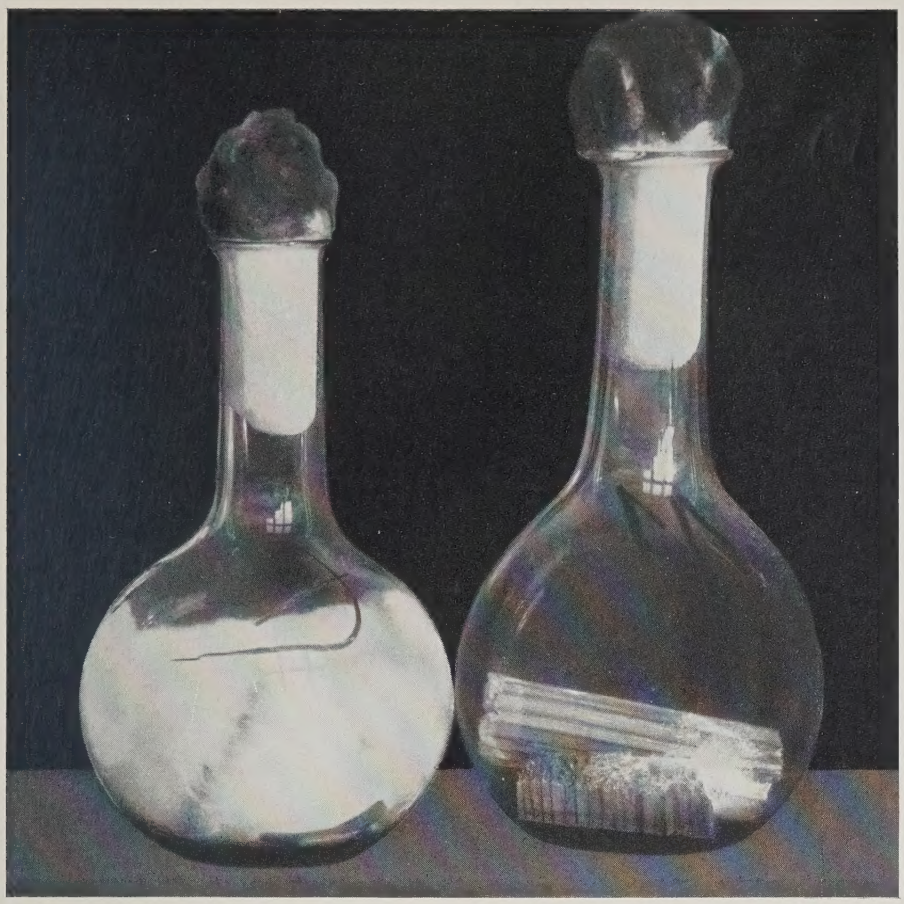


Fig. 1.

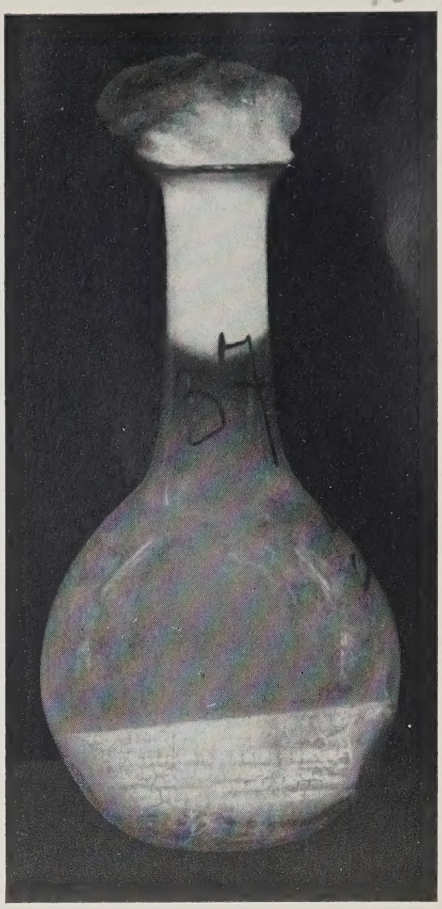


Fig. 3.

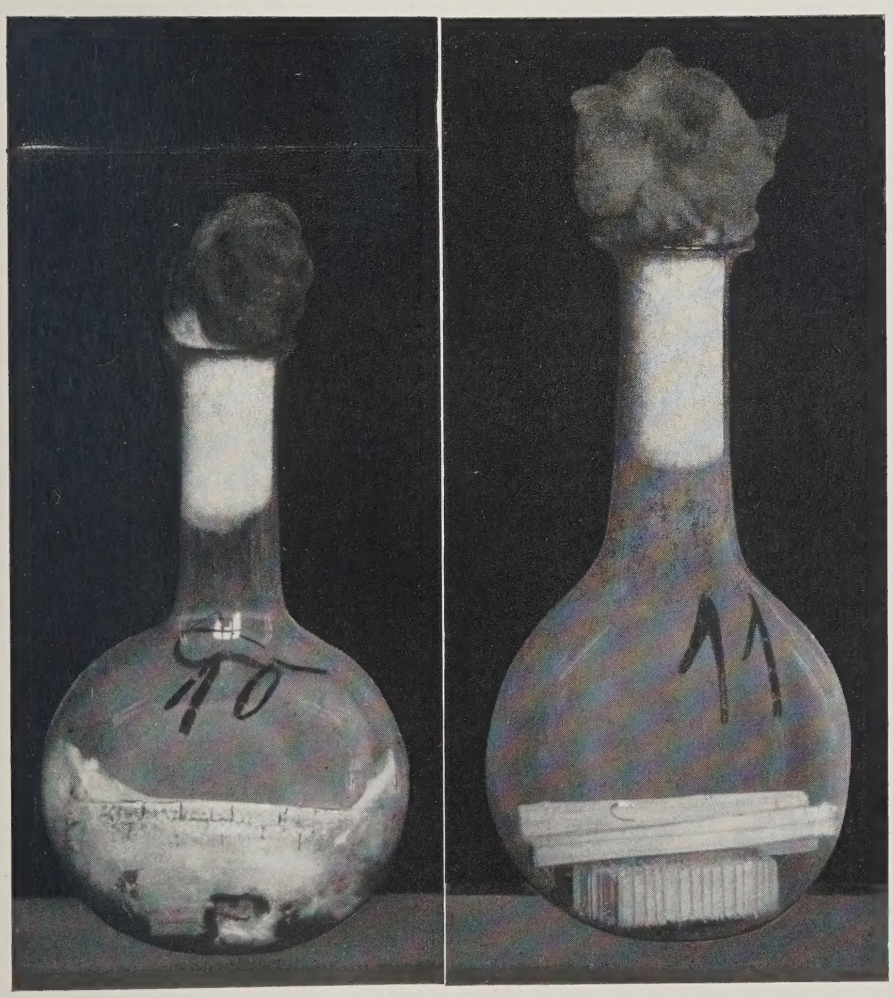


Fig. 2.

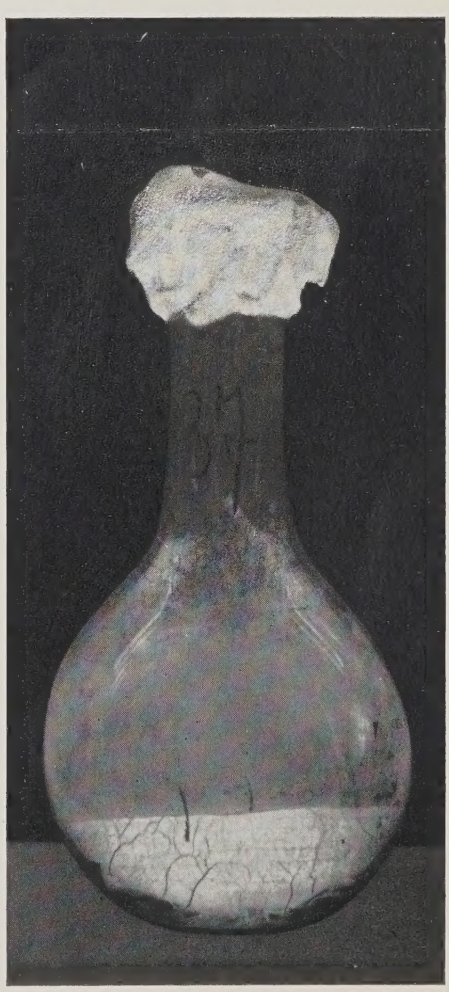


Fig. 4.

Fig. 1. Reifholz, mit und ohne Zuckertränkung (nach ca. 4 Wochen.) — Fig. 2. Reifholz, mit und ohne Zuckertränkung (nach ca. 1 Jahre.) — Fig. 3. Splintholz, unter Watteverschluß (nach 1 Jahre.) — Fig. 4. Splintholz, unter Papierbedeckung (nach 1 Jahre.)

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Die Süßwasserflora

Deutschlands, Österreichs und der Schweiz

Bearbeitet von

Prof. Dr. **G. Beck R. v. Mannagetta und Lerchenau** (Prag), Dr. **O. Borge** (Stockholm), **J. Brunnthaler** (Wien), Dr. **W. Heering** (Hamburg), Prof. Dr. **R. Kolkwitz** (Berlin), Dr. **E. Lemmermann** (Bremen), Dr. **J. Lütkemüller** (Baden bei Wien), **W. Mönkemeyer** (Leipzig), Prof. Dr. **W. Migula** (Eisenach), Dr. **M. v. Minden** (Hamburg), Prof. Dr. **A. Pascher** (Prag), Prof. Dr. **V. Schiffner** (Wien), Prof. Dr. **A. J. Schilling** (Darmstadt), **H. v. Schönfeldt** (Eisenach), **C. H. Warnstorf** (Friedenau b. Berlin), Prof. Dr. **J. N. F. Wille** (Christiania), Kustos Dr. **A. Zahlbruckner** (Wien).

Herausgegeben von

Prof. Dr. **A. Pascher** (Prag).

Einteilung:

*) Heft 1: **Flagellatae I.** Allgemeiner Teil von A. Pascher; *Pantostomatinae*, *Protomastiginae*, *Distomatinae* von E. Lemmermann. Mit 252 Abbildungen im Text. (IV, 138 S.) 1914. Preis: 3 Mark 50 Pf., geb. 4 Mark.

*) Heft 2: **Flagellatae II.** *Chrysomonadinae*, *Cryptomonadinae*, *Eugleninae*, *Chloromonadinae und gefärbte Flagellaten unsicherer Stellung.* Von A. Pascher und E. Lemmermann. Mit 398 Abbildungen im Text. (IV, 192 S). 1913. Preis: 5 Mark, geb. 5 Mark 50 Pf.

*) Heft 3: **Dinoflagellatae (Peridineae)** (*Flagellatae III*). Von A. J. Schilling. Mit 69 Abbildungen im Text. (IV, 66 S.) 1913. Preis: 1 Mark 80 Pf., geb. 2 Mark 30 Pf.

Heft 4: **Volvocales** (*Flagellatae IV*) mit dem allgemeinen Teile der *Chlorophyceae*. (*Chlorophyceae I.*) Von A. Pascher.

Heft 5: **Tetrasporales, Protococcales.** (*Chlorophyceae II.*) Von E. Lemmermann und J. Brunnthaler.

*) Heft 6: **Chlorophyceae III.** *Ulotrichales*, *Microsporales*, *Oedogoniales.* Von W. Heering. Mit 385 Abbildungen im Text. (IV, 250 S.) 1914. Preis: 6 Mark, geb. 6 Mark 60 Pf.

Heft 7: **Siphonales, Siphonogladiales** (*Chlorophyceae IV*). Von W. Heering.

Heft 8: **Desmidiaceae.** Von J. Lütkemüller.

*) Heft 9: **Zygnemales.** Von O. Borge und A. Pascher. Mit 89 Abbildungen im Text. (IV, 51 S.) 1913. Preis: 1 Mark 50 Pf., geb. 2 Mark.

*) Heft 10: **Bacillariales (Diatomeae).** Von H. v. Schönfeldt. Mit 379 Abbildungen im Text. (IV, 187 S.) 1913. Preis: 4 Mark, geb. 4 Mark 50 Pf.

Heft 11: **Heterocontae, Phaeophyceae, Rhodophyceae.** Von W. Heering. — **Charales.** Von W. Migula.

Heft 12: **Schizophyceae.** Von F. N. Wille.

Heft 13: **Schizomycetes.** Von R. Kolkwitz. — **Fungi.** Von M. von Minden. — **Lichenes.** Von A. Zahlbruckner.

*) Heft 14: **Bryophyta** (*Sphagnales, Bryales, Hepaticae*). Von C. H. Warnstorf, W. Mönkemeyer, V. Schiffner. Mit 500 Abbildungen im Text. (IV, 222 S.) 1914. Preis: 5 Mark 60 Pf., geb. 6 Mark 20 Pf.

Heft 15: **Pteridophyta, Anthophyta.** Von G. v. Beck.

Heft 16: **Phytoplankton.** Von A. Pascher.

Die mit *) versehenen Hefte sind bereits erschienen.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Morphologie und Biologie der Algen

Von

Dr. Friedrich Oltmanns

Professor der Botanik an der Universität Freiburg i. Br.

Zwei Bände. Preis: 32 Mark.

Erster Band: **Spezieller Teil.** Mit 3 farbigen und 473 schwarzen Abbildungen im Text. 1904. Preis: 20 Mark.

Inhalt: I. Chrysomonadineae. II. Heterocontae. III. Chryptomonadineae. IV. Euglenaceae. V. Dinoflagellata. VI. Acontae. VII. Chlorophyceae. VIII. Phaeophyceae. IX. Rhodophyceae.

Zweiter Band: **Allgemeiner Teil.** Mit 3 Tafeln und 150 Abbildungen im Text. 1905. Preis: 12 Mark.

Inhalt: I. System der Algen. II. Die Entwicklung der Fortpflanzungsorgane. III. Die Algenzelle. IV. Die Ernährung der Algen. V. Die Lebensbedingungen. VI. Vegetationsperioden. VII. Reizerscheinungen. VIII. Polymorphismus IX. Generationswechsel. X. Anpassungen. XI. Hilfsmittel und Arbeitsmethoden.

Zeitschrift für Physiologie, Bd. VII, H. 2/3:

Seit über 20 Jahren besitzen wir kein zusammenfassendes Werk über Algen. Es ist daher mit Freude zu begrüßen, daß ein Forscher, dem wir eine Reihe grundlegender Einzelarbeiten aus diesem Gebiete verdanken, vor der Aufgabe nicht zurückgeschreckt ist, die gerade in den letzten Jahren immens angewachsene Algenliteratur kritisch zu einem Handbuch zu verarbeiten. Jedem, der jetzt über Algen arbeitet, wird dieses großangelegte Werk ein unentbehrlicher Wegweiser sein.

Botanische Zeitung, Nr. 23 vom 1. Dezember 1904, Jahrg. 62:

Eine umfassende Darstellung der Morphologie der Algen war seit langer Zeit ein Bedürfnis. Die Literatur, deren wichtigste Erscheinungen bei jedem Kapitel in einem Anhange folgen, ist sehr vollständig zusammengetragen und durch eine Fülle von Abbildungen, unter denen eine ganze Reihe von Originalen sind, wird der Text erläutert. Die Behandlung des Stoffes ist klar und durchsichtig und das ganze Buch in einem frischen Tone geschrieben. An einigen Stellen, wo ein sehr umfangreiches Material zu verarbeiten war, so bei den Diatomeen, bei der Anatomie der Laminariaceen, bei der Fortpflanzung der Florideen, ist die Anordnung geschickt und übersichtlich.

Österreich. botan. Zeitschr. 1905, Nr. 12:

Wie der erste Band enthält auch der zweite eine Fülle von Angaben; er beweist sorgfältigste Literaturbenützung und eigene Untersuchungen. Wir besitzen nunmehr in dem Oltmannschen Buche eine ungemein wertvolle Zusammenfassung der die Algen betreffenden morphologischen, entwicklungsgeschichtlichen und ökologischen Kenntnisse. Wettstein.

Naturwissenschaftliche Wochenschrift vom 28. Januar 1906:

So ist denn ersichtlich, daß die gesammte Algologie in den vorliegenden beiden Bänden zur Bearbeitung gelangt ist, die ein mustergültiges Kompendium für jeden sind, der sich um Algen kümmert oder etwas Wesentliches von ihnen zu erfahren wünscht.

Botanische Jahrbücher, Bd. 34, Heft 5:

Es sei noch erwähnt, daß am Ende jeder Klasse die Literatur bis zum Jahre 1904 vollständig angeführt wird; sie ist, wie den Fachleuten wohl bekannt, eine sehr umfangreiche und zerstreute, und es ist dem Verfasser sehr zu danken, daß er uns im vorliegenden Bande eine gute, durch eigene Beobachtungen ergänzte Verarbeitung derselben gegeben hat. Das Buch wird vielen willkommen sein.

Beiträge z. Kenntnis einheimischer Pilze

Experimentelle Untersuchungen auf dem Gebiete der Physiologie, Biologie und Morphologie pilzlicher Organismen.

Von **Carl Wehmer**
Privatdozent an der technischen Hochschule zu Hannover.

II. Heft. Mit 3 Tafeln.
1895. **Preis: 7 Mark.**

Inhalt: Untersuchungen über die Fäulnis der Früchte (mit 3 Tafeln). — Die physiologische Ungleichwertigkeit der Fumar- und Maleinsäure, sowie die antiseptische Wirkung der letzteren (mit 3 Tabellen). — Die Nährfähigkeit von Natriumsalzen für Pilze (mit 3 Tabellen). — Die in und auf Lösungen freier organischer Säuren mit Vorliebe auftretenden Pilzformen (mit 3 Abbildungen). — Zur Frage nach der Bedeutung von Eisenverbindungen für Pilze. — Über das Vorkommen des Champignons auf den deutschen Nordseeinseln nebst einigen Bemerkungen über die Pilzflora derselben.

Das 1. Heft der „Beiträge" erschien im Verlage der Hahn'schen Buchhandlung in Hannover.

Hausschwammforschungen

Im amtlichen Auftrage herausgegeben von

Prof. Dr. **A. Möller**
Oberforstmeister, Direktor der Forstakademie und der mit ihr verbundenen Hauptstation des forstlichen Versuchswesens zu Eberswalde.

1. Heft: **Denkschrift, die Ergebnisse der bisherigen Hausschwammforschung und ihre zukünftigen Ziele betreffend.** Von Dr. Richard Falck. — **Bedingen Hausschwammwucherungen Gefahren für die Gesundheit der Bewohner des Hauses?** Von Prof. Dr. C. Flügge in Breslau. — **Hausschwammuntersuchungen.** Von Prof. Dr. Albert Möller in Eberswalde. Mit Tafel 1—5. — **Wachstumsgesetze, Wachstumsfaktoren und Temperaturwerte holzzerstörender Mycelien.** Von Dr. Richard Falck. Mit 6 Kurven. 1907. Preis: 7 Mark 20 Pf.

2. Heft: **Die Hausschwammfrage vom juristischen Standpunkte.** (Erster Beitrag.) Von Prof. Dr. K. Dickel. 1910. Preis: 3 Mark.

3. Heft: **Die Lenzites-Fäule des Coniferenholzes.** Eine auf kultureller Grundlage bearbeitete Monographie der Coniferenholz bewohnenden Lenzites-Arten. Von Dr. Richard Falck. Mit Zeichnungen von Olga Theomin. Mit 7 Tafeln und 24 Abbildungen im Text. 1910. Preis: 12 Mark.

4. Heft: **Die bisher bekannten Mittel zur Verhütung von Pilzschäden an Bauhölzern vor dem Einbau.** Von Kgl. Baurat Brüstlein. — **Die Sicherung des Holzwerkes der Neubauten gegen Pilzbildung.** Von Prof. Dr. Chr. Nußbaum. — **Die Bedeutung der Kondenzwasserbildung für die Zerstörung der Balkenköpfe in Außenwänden durch holzzerstörende Pilze.** Von Dr.-Ing. R. Niemann, Königsberg i. Pr. 1911. Preis: 2 Mark 50 Pf.

5. Heft: **Die Hausschwammfrage vom juristischen Standpunkte.** (Zweiter Beitrag.) Von Prof. Dr. Karl Dickel. 1911. Preis: 2 Mark.

6. Heft: **Die Merulius-Fäule des Bauholzes.** Von Prof. Dr. Richard Falck. Mit Zeichnungen und farbigen Darstellungen von Olga Falck. Mit 17 Tafeln und 73 Abbildungen im Text. 1912. Preis: 24 Mark.

7. Heft: **Merkblatt zur Hausschwammfrage.** Von Prof. Dr. Albert Möller. (V, 20 S. 4°.) 1913. Preis: 40 Pf.

Vergleichende Morphologie der Pilze. Von Dr. **F. Tavel,** Dozent der Botanik, Zürich. Mit 90 Holzschnitten. (XI, 208 S. gr. 8°.) 1892. Preis: 6 Mark.

Inhalt: Einleitung. — I. **Die Algen-ähnlichen Pilze oder Phycomyceten.** 1. Oomyceten. 2. Zygomyceten. — II. **Die höheren Pilze.** Erste Reihe: Die Sporangien-tragenden Pilze. 1. Hemiasci. 2. Ascomyceten. Zweite Reihe: Die Conidien-tragenden Pilze. 1. Hemibasidii. 2. Basidiomyceten. — III. **Das natürliche System der Fadenpilze.** — Register.

Die Erkrankung der Kiefern durch Cenangium Abietis. **Beitrag zur Geschichte einer Pilzepidemie.** Von Dr. **Frank Schwarz,** Professor an der Forstakademie Eberswalde, Vorstand der pflanzenphysiologischen Abteilung der Hauptstation für das forstliche Versuchswesen in Preußen. Mit 2 lithographischen Tafeln. (127 S. gr. 8°.) 1895. Preis: 5 Mark.

Über die Organisation und Physiologie der Cyanophyceenzelle und die mitotische Teilung ihres Kernes. Von **F. G. Kohl,** a. o. Professor der Botanik an der Universität Marburg. Mit 10 lithographischen Tafeln. 1903. Preis: 20 Mark.

Untersuchungen über den Bau der Cyanophyceen und Bakterien. Von Dr. **Alfred Fischer,** a. o. Professor der Botanik in Leipzig. Mit 3 Tafeln. 1897. Preis: 7 Mark.

Inhalt: Einleitung. — I. **Wert der färbungsanalytischen Methode.** — II. **Cyanophyceen.** 1. Gliederung des Inhaltes am lebenden Material. 2. Verdauungsversuche. 3. Rindenschicht und Chromatophor. 4. Granulationen. 5. Grundmasse des Zentralkörpers. 6. Deutung der Cyanophyceenzelle. — III. **Schwefelbakterien.** 1. Verteilung und Verhalten des Farbstoffes. 2. Gliederung und Deutung des Inhaltes. — IV. **Schwefelfreie Bakterien.** 1. Der Bau von Spirillum undula. 2. Andere Formen. 3. Deutung des Bakterienkörpers. — Literatur.

Pflanzenphysiologie. **Versuche und Beobachtungen an höheren und niederen Pflanzen einschließlich Bakteriologie und Hydrobiologie mit Planktonkunde.** Von **R. Kolkwitz.** Mit 12 zum Teil farbigen Tafeln und 116 Abbildungen im Text. (V, 258 S. gr. 8°.) 1914. Preis: 9 Mark, geb. 10 Mark.

Süddeutsche Apotheker-Zeitung, Nr. 43 vom 29. Mai 1914:

Das vorliegende Werk hat sich aus den „Pflanzenphysiologischen Versuchen zu Übungen im Winter", die die Studierenden an der Berliner Universität und Landwirtschaftlichen Hochschule durchzumachen hatten, entwickelt, und stellt jetzt ein stattliches, reich mit intruktiven Tafeln und Textfiguren ausgestattetes Werk dar. Die Einteilung ist derart durchgeführt, daß im ersten Teil an Hand der Phanerogamen die Kohlenstoffassimilation, die Verarbeitung der Kohlensäure zu organischen Verbindungen, behandelt wird; hieran schließt sich die experimentelle Veranschaulichung des bei der Atmung vor sich gehenden Abbauprozesses. Der erste Teil schließt mit Erläuterung leicht ausführbarer Versuche, welche die Funktion von Wasser und Luft bei der Ernährung der Pflanze erklärt.

Im zweiten Teil, der die Kryptogamen behandelt, werden die physiologischen und ökologischen Versuche unter Zugrundelegung einer systematischen Disposition erläutert. Als besonders interessant sei hier auf die fünfte Gruppe verwiesen, die Algen, Plankton und Ökologie der Gewässer behandelt; sie enthält praktische Anweisung zum Studium des Planktons, die dabei verwendeten verschiedenartigen Instrumente werden unter Hervorhebung ihrer Vor- und Nachteile beschrieben.

Die Anschaffung der Kolkwitzschen Pflanzenphysiologie kann jedem, der für diesen interessantesten Teil der Botanik Interesse hat, warm empfohlen werden. Die Beschreibung der einzelnen Versuche ist so eingehend, daß man dieselben leicht, auch ohne weitere Anleitung eines Lehrers, selbst ausführen kann. (Schmiedel.)

Studien über die Protoplasmaströmung bei den Characeen. Von Dr. **Georg Hörmann.** Mit 12 Abbildungen im Text. 1898. Preis: 2 Mark.

Allgemeine Bakteriologie und Sterilisationslehre. Von Dr. med. **K. Laubenheimer,** Privatdozent für Hygiene und Bakteriologie an der Universität Heidelberg. Mit 61 Abbildungen im Text und 5 farbigen Tafeln. 1915.

... In dem ersten Teil des Buches wird die allgemeine Morphologie und Biologie der pflanzlichen Mikroorganismen kurz besprochen. Durch Anfügen eines Abschnittes über Immunität ist eine namentlich für Ärzte erwünschte Erweiterung gegeben. Im zweiten Teil werden die wichtigsten bakteriologischen Untersuchungs- und Züchtungsmethoden behandelt. Der dritte Teil endlich gibt eine Übersicht über die Sterilisationsmethoden und deren Anwendung in der Praxis.

BUCHDRUCKEREI ANT. KÄMPFE, JENA.